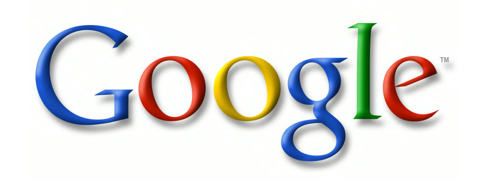
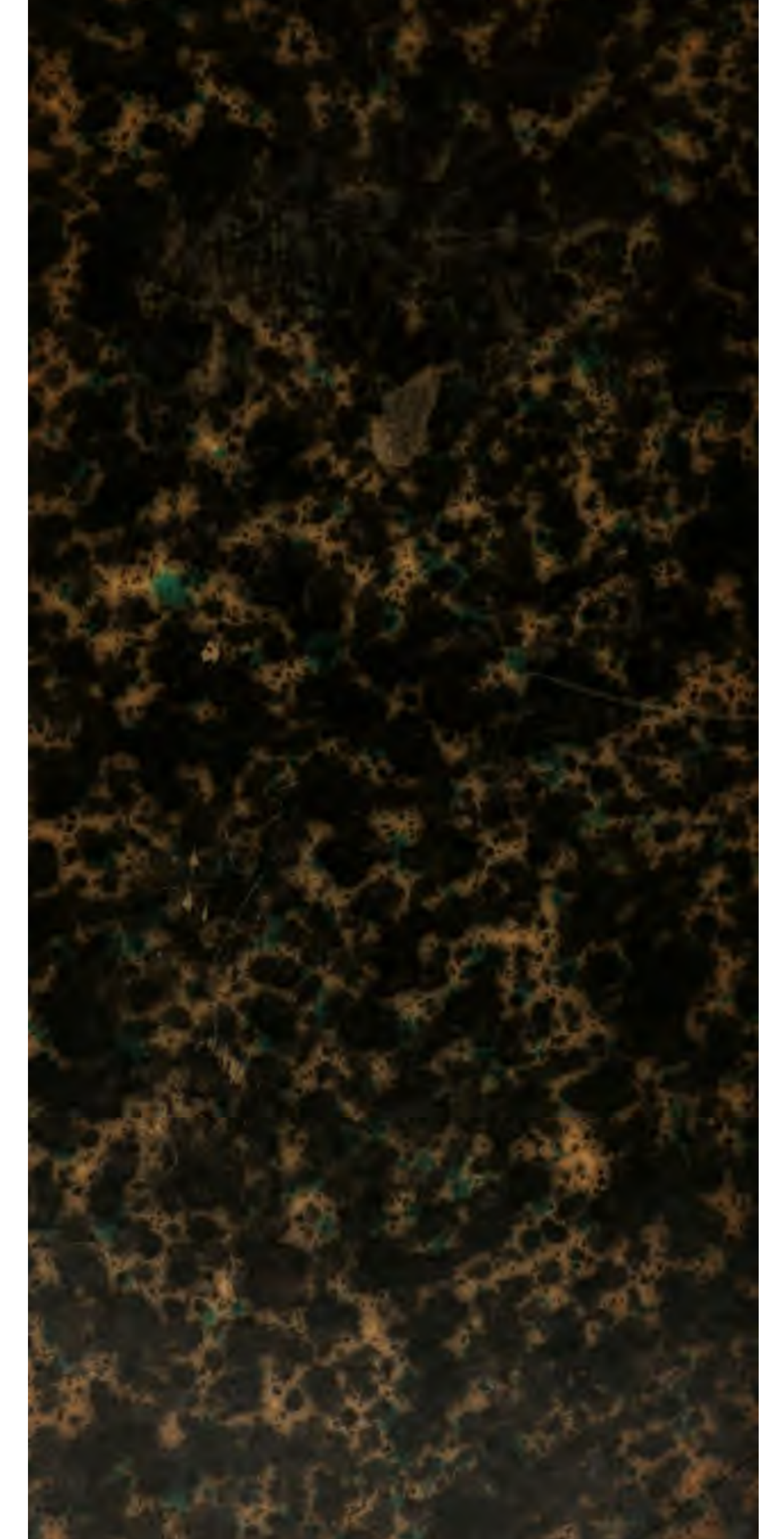








SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1885

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1885

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1885

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1885

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier :

1° *Installation des membres du bureau et du comité.* Discours de MM. Martin et de Comberousse (séance du 9 janvier page 8).

2° *Funérailles de Mme Fusco* sœur de M. Alfred Geyler (séance du 23 janvier, page 43).

3° *Port de Trieste* (Travaux du nouveau) lettre de M. Bömches (séance du 23 janvier, page 44).

4° *Exposition des Inventions brevetées en France.* Lettre de M. Bréval (séance du 23 janvier, page 45).

5° *Sciences économiques et sociales.* Lettre de M. le ministre de l'Instruction publique et des beaux arts (séance du 23 janvier, page 46).

6° *Phare électrique de 300 mètres de hauteur* : construction par M. Bourdais; éclairage par M. Sébillot (séance du 23 janvier, page 47).

Pendant le mois de janvier la Société a reçu :

De M. Jules Garnier, membre de la Société, une *Notice historique sur la découverte des minerais de nickel de la Nouvelle-Calédonie;*

De M. Buchetti, membre de la Société, un exemplaire de son *Guide pour l'essai des machines à vapeur et la production économique de la vapeur;*

De M. Bourdais, membre de la Société, un mémoire sur un projet de *Phare électrique de* 300 *mètres de hauteur*, destiné à éclairer tout Paris;

De M. Pignant, ingénieur des arts et manufactures, un exemplaire d'un mémoire sur l'*Assainissement intérieur et extérieur des villes et l'épuration des eaux d'égouts;*

De M. Delafond, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de son mémoire sur les *Essais effectués sur une machine Corliss, aux usines du Creusot;*

De M. Félix Le Blanc, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur le *Laboratoire et l'enseignement* de J.-B. Dumas;

De M. Millet, membre de la Société, une étude sur la *Navigation aérienne;*

De M. Henry Vivarez, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur les *Réseaux électriques aériens en fil de bronze siliceux;*

De M. de Comberousse, membre de la Société, deux exemplaires de sa *Notice biographique sur J.-B. Dumas* (extrait du journal le *Génie civil*);

De M. Sébillot, membre de la Société, deux exemplaires de son projet d'*Éclairage des villes par grands foyers électriques;*

De M. Eiffel, membre de la Société, un exemplaire d'une note de M. Max de Nansouty sur son projet d'une *Tour colossale en fer de* 300 *mètres de hauteur;*

De M. Cabasse, membre de la Société, un exemplaire des *calculs de résistance des ponts métalliques de la ligne de Busigny à Hirson;*

De M. Rothschild, éditeur, un exemplaire du *Traité de paléontologie pratique, gisement et description des animaux fossiles de la France*, par Stanislas Meunier, et un exemplaire de l'ouvrage de M. Jannettaz : *Les roches*, description et analyse au microscope de leurs éléments minéralogiques et de leur structure.

De M. Albert Gendebien, ingénieur, un exemplaire de sa brochure sur les *Résistances des mines*, faisant suite aux *Mémoires* du même auteur.

De M. Charles Deperais, membre de la Société. 1° un exemplaire de sa note intitulée : *Nuovo metodo di trattamento del sego grezzo;* 2° un exemplaire de la note intitulée : *Relazione dei resultati ottenuti degli experementi fatti sopra due vache morte di carbonchio;* 3° un exemplaire de la *Descrizione di un nuovo sistema di Poppie pareti;* 4° un exemplaire de son mémoire intitulé : *La disinfezione delle materie putride ed infettive, applicazioni alla disinfezioni delle cessi e delle fogue della citta di Napoli;*

De M. Jowa, J.-F., de Liège, un exemplaire de sa note sur son système de *Contructions de charpentes et de bâtiments complets en fer, avec parois et toitures en tôles galvanisées ondulées.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Brulé,	présenté par MM.	Ivan Flachat, Regnard et Vallot.
	Colombier,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Delaunay,	—	De Comberousse, Gouilly et Tresca.
	Feraud,	—	Maréchal, Mayer et Ribail.
	Lambert,	—	Carenou, Contamin et Forest.
	Liottier,	—	Debaecker, Lepany et de Nansouty.
	Mathieu,	—	Hallopeau, Jordan et Loustau.
	Renaudin,	—	Carimantrand, Lebrun et Rey.
	Revel,	—	Carimantrand, Lebrun et Rey.
	Sordoillet,	—	Hauet, A. Moreau et Mignon.
	Taillandier,	—	Chevalier, H. Fayollet et Vallot.

Comme membre associé :

M. Violet, présenté par MM. Lasalle, Pètre et Violet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1885

Séance du 9 Janvier 1885.

Présidence de M. de Comberousse

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. Martin, président sortant, prononce le discours suivant :

Messieurs et chers collègues,

L'année dernière, en prenant possession de ce fauteuil de la présidence, que votre bienveillance m'appelait à occuper, je vous demandais, craignant la responsabilité qui allait m'incomber, toute votre indulgence en faveur de mon inexpérience des choses de la Société et je vous promettais, en échange, d'apporter dans la gestion de vos affaires, le plus grand dévouement, toute mon activité.

Ai-je rempli ma promesse ?

Quant à vous, Messieurs, vous m'avez comblé; je ne saurais trop dire que vous avez rendu ma tâche facile et que c'est à votre bon vouloir que j'ai pu, sans difficultés, arriver à l'expiration de mon mandat.

Permettez-moi donc, avant de vous présenter le simple compte rendu de nos séances et de nos travaux. de vous adresser mes plus vifs et mes plus sincères remerciements.

Tout d'abord, nous avons à remplir un devoir, celui de donner une parole de regret à ceux des membres de notre association que l'impitoyable mort nous a ravis cette année. C'est une pénible tâche qu'il importe de ne pas omettre et nous devons honorer ceux qui ne sont plus en rappelant ici leurs noms et leurs principaux titres à notre souvenir.

Je commencerai cette énumération par les membres honoraires.

Le commandeur Quinto-Sella. — Ingénieur en chef au corps des mines et député au Parlement italien ; il était membre honoraire de la Société depuis 1875.

Le baron d'Engerth. — Successivement professeur de mécanique et de construction de machines à l'École de Graz, il fut appelé, en raison de ses travaux et de son savoir, au poste d'ingénieur-conseil de la direction des chemins de fer de l'État autrichien. A cette époque, il commença ses études relatives à la construction des machines locomotives pour fortes rampes et fit construire, alors, la machine qui porte son nom et qui resta longtemps le type des machines locomotives puissantes.

Le gouvernement de son pays, vu l'importance et le mérite de ses travaux, le nomma baron et membre à vie de la Chambre des seigneurs. En France, il fut nommé commandeur de la Légion d'honneur.

M. d'Engerth, parti d'une humble situation, est arrivé ainsi, par son travail, aux fonctions les plus élevées.

J.-B. Dumas. — Membre de l'Académie des sciences, professa longtemps à l'École polytechnique et à l'École centrale dont il était l'un des fondateurs.

Il fit de nombreuses recherches scientifiques et publia un grand nombre de mémoires parmi lesquels se distingue celui relatif à la théorie atomique.

Sa théorie des substitutions est une de ses conceptions les plus remarquables.

Son traité de chimie appliquée aux arts est un monument et ses leçons sur la philosophie chimique qu'il donna au collège de France, en 1836, sont restées célèbres.

Dumas était l'une des gloires scientifiques de la France,

La Société avait à remplacer deux de ses membres honoraires et elle a choisi :

M. Pasteur. — Membre de l'Académie des sciences, l'infatigable chercheur dont les découvertes sur le mode de transmission des maladies contagieuses font l'étonnement et l'admiration du monde savant.

M. l'amiral Paris. — Auteur de nombreux travaux touchant l'art maritime et qui s'est toujours intéressé aux choses de la Société à laquelle il a fait hommage de ses nombreuses publications.

En ce qui concerne nos membres titulaires ou associés je suivrai, pour les rappeler, l'ordre de leurs décès.

Yvon-Villarceau. — Sorti de l'École centrale en 1840; Membre de la Société depuis 1849, il fut, à différentes reprises, membre de son Comité et de son bureau, président pendant l'année 1871.

Ses nombreux travaux sur l'astronomie, la mécanique et les sciences appliquées en général sont connus de tous.

Lasson (Alphonse). — Maître de forges dans la Meuse; il était membre associé de la Société depuis 1870.

Hallauer. — Ingénieur de la maison Hatman et fils.

Denis (Louis). — Constructeur-mécanicien; membre associé depuis 1875.

Denayrousse. — Ancien lieutenant de vaisseau, très connu pour ses appareils de plongeur.

De Laboriette. — Ancien élève de l'École centrale; inspecteur du matériel roulant au chemin de fer du Nord.

De Wissocq. — Ancien élève de l'École des Mines, ingénieur de l'atelier central des machines au chemin de fer du Nord.

Calla (François). — Ingénieur-constructeur, débuta à la manufacture d'armes de Chatellerault à une réorganisation de laquelle il coopéra avec l'élite des ingénieurs militaires; il avait alors vingt-trois ans. Il vint ensuite s'établir à Paris, où il créa, à la Chapelle, un établissement important qui existe encore. M. Calla a laissé d'honorables souvenirs et comme homme et comme industriel.

Fèvre (Léon). — Ancien élève de l'École centrale, successivement attaché au service du matériel et de la traction des chemins de fer du Nord, d'Orléans et de Lyon à la Méditerranée, il avait acquis une grande expérience de la construction des machines. Après avoir pris une part active à l'établissement du chemin de fer Feld, pour la traversée du mont Cenis, il fut attaché en qualité d'ingénieur conseil au chemin de fer de l'Hérault, pour la construction de son matériel.

De Fontenay (Eugène). — Ancien élève de l'École centrale, s'est adonné à l'industrie verrière à laquelle il a fait faire de grands progrès. C'est lui qui, le premier en France, s'est occupé de la fabrication des verres colorés dans la masse et appliqués en doublure sur des objets de gobletterie.

Sonolet. — Successivement attaché à diverses usines métallurgiques, il fut directeur de fabrication aux forges de Bessèges.

Mony (Stéphane). — Ancien élève de l'École des mines, il s'occupa d'abord de recherches de mines et de sondages. Il coopéra à la construction du chemin de fer de Saint-Germain et à celle du chemin de fer de Versailles, rive droite. Il devint directeur des mines de Commentry, puis l'un des directeurs généraux de la Société anonyme de Commentry-Fourchambault.

Membre de la Société depuis 1849, il en fut le président pendant l'année 1855.

Courtès-Lapeyrat. — Ancien élève de l'École centrale, Ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille.

Ling (Chrétien). — Ancien élève de l'École des arts et métiers, ingénieur de la Compagnie Fives-Lille.

Gayrard (Gustave).—Ancien élève de l'École centrale, fut attaché successivement à la Compagnie des chemins de fer de l'Est et à celui de Ceinture dont il fut chef des services.

Hervier (Alfred).— Ancien élève de l'École centrale, ingénieur-constructeur à Paris.

Pouchet (Charles).— Ancien ingénieur au canal de Suez, puis ingénieur chez MM. Genest et Hercher.

Séraphin. — Constructeur-mécanicien, fondateur de la maison qui porte son nom.

Moll. — Ancien élève de l'École industrielle de Strasbourg, a été ingénieur aux chemins de fer du Midi.

Frichot. — Filateur de lin ; fondateur de l'usine de Pont-Rémy.

Mollard. — Ancien élève de l'École des arts et métiers d'Aix. A été ingénieur de la maison Cail et était, en dernier lieu, ingénieur d'une fabrique de produits chimiques en Espagne.

Browne. — Ingénieur à Londres, secrétaire depuis 1877 de l'Institution of civil Méchanical.

Manby (Charles). — A été, pendant plus de vingt-cinq ans, secrétaire de l'Institut of civil Engineers; était resté secrétaire honoraire de cette Société.

Bourdon (Eugène). — Constructeur-mécanicien bien connu et d'une très grande valeur. Il est l'auteur de nombreuses inventions, dont, entre autres, son manomètre métallique, sa valve ou robinet en cuir pour le débit des fluides, ses paliers à graissage automatique, ses ventilateurs à siphons, etc.

On lui doit encore un système particulier de monte-charges à parachute.

Il laisse un nom justement estimé et honoré.

Merle d'Aubigné. — Ancien élève de l'École des sciences appliquées de Mulhouse, ingénieur de la ville de Genève. A pris une grande part aux travaux considérables qui ont été faits à la perte du Rhône, à Bellegarde. Au moment de sa mort il mettait à exécution son projet d'utilisation des forces motrices du Rhône, à Genève, grande œuvre qu'il avait fait accepter par l'opinion publique et le gouvernement de Genève et qui se construit.

De Braquemont. — Ancien élève de l'École des mines de Saint-Étienne. Administrateur et ancien ingénieur en chef et directeur des mines de Vicoigne.

Knight. — Ingénieur à la Compagnie des constructions de Batignolles.

Wahl. — Attaché d'abord à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans en qualité de chef de traction, il fut pendant quelque temps sous-directeur d'une fabrique de draps feutrés.

En dernier lieu, ingénieur de la traction à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon et Méditerranée, où il avait pris sa retraite.

Lartigue (Henry). — Anciennement chargé du service télégraphique aux chemins de fer du Nord. Il est l'inventeur de plusieurs appareils très ingénieux destinés à assurer la sécurité des trains sur les chemins de fer et, entre autres, des mâts sémaphoriques qui portent son nom et dont on fait un grand usage. Il était en dernier lieu directeur de la Compagnie des téléphones.

Vandel. — Ancien élève de l'École centrale, attaché aux usines, forges et aciéries Vandel et Cie.

Bridel. — Ancien élève de l'École centrale. A concouru à la construction de la partie métallique du palais de l'Exposition de 1855 ; a été ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Saint-Gothard. C'est sous sa direction que les travaux des lignes d'accès, au souterrain, ont été construits avec une très grande rapidité ; plusieurs ouvrages de ces lignes sont très remarquables. Il était, au moment de sa mort, directeur du Jura-Bernois.

Ogier (Louis). — Ancien élève de l'École centrale, en dernier lieu directeur de la manufacture de caoutchouc Langlée.

Mors (Louis). — Constructeur d'appareils électriques.

Vous le voyez, Messieurs, nos pertes ont été grandes, elles portent sur trente-six de nos sociétaires.

Les communications présentées, cette année, à la Société, et que je vais vous rappeler succinctement, ont été nombreuses et fort intéressantes ; plusieurs ont donné lieu à des discussions approfondies et je félicite les auteurs. J'emporte un regret, c'est de ne pas avoir pu épuiser la liste de celles portées à notre ordre du jour.

M. Périssé, dans sa communication sur l'emploi de l'acier, a fait heureusement ressortir que les forges francaises sont en mesure, comme le peuvent faire les usines anglaises, de fournir ce métal pour toutes les constructions.

Il pense que l'acier doit être substitué au fer dans les coques de navires et il conseille aux constructeurs d'entrer dans cette voie. Il analyse les causes de l'insuccès de son emploi dans les chaudières à vapeur ; il discute sa mise en œuvre, les épaisseurs à donner aux pièces, etc ; enfin, il constate que si les métallurgistes ont fait de réels progrès dans sa production, les constructeurs montrent encore trop d'hésitation à en faire usage.

M. Canovetti, à la suite, a présenté quelques observations au sujet de l'emploi de l'acier dans la confection des planchers, notamment, et, entre autres, des pièces à petites portées. Cette application, en raison de l'élévation du prix de l'acier, n'offre encore aucun intérêt.

Une discussion très approfondie, à laquelle ont pris part MM. Canovetti, Seyrig, Gautier, Morandiere, Jordan et Dallot, a suivi la communication de M. Périssé dans des séances ultérieures ; toutes les questions relatives aux résistances, aux limites d'élasticité de la matière ont été traitées avec les plus grands développements.

M. Max de Nansouty. A traité de la question du rôle des ingénieurs français à l'étranger. Il voudrait que, suivant en cela l'exemple donné par certaines puissances et en particulier l'Allemagne, le gouvernement français accréditât, auprès des consulats, des ambassades même, des ingénieurs qui seraient, à l'étranger, les véritables représentants de l'industrie, laquelle pourrait alors être utilement renseignée par eux et en temps voulu, afin de lui permettre de lutter à armes égales avec les producteurs étrangers.

La nécessité de cette création est manifeste et la Société s'est associée à ce vœu.

Des démarches ont été faites auprès des autorités compétentes, mais elles ne semblent pas avoir eu, jusqu'alors, des résultats heureux,

Toutefois l'idée a été semée, elle germera et nul doute que, dans un avenir prochain, des résolutions, dans ce sens, soient prises.

M. Jordan. Avec sa grande compétence, nous a donné l'analyse d'un important mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie. Des indications de ce mémoire dû à M. Bresson, l'un de nos collègues, il ressort que cet État possède, aujourd'hui, une industrie métallurgique complète mais disséminée, qui a peine à se défendre contre la concurrence des pays allemands.

M. Gaudry (Jules), a fait un résumé succinct d'un ouvrage offert à la Société par M. Charles Normand, architecte, et intitulé : *Essai sur l'existence d'une architecture métallique dans les constructions antiques.*

De cette étude il résulterait que chez les anciens, non seulement on employait le métal au détail de la construction des édifices publics ou privés, mais encore que l'on établissait certaines parties complètement en métal.

M. Casalonga a fait une très intéressante communication relative à la nouvelle loi anglaise sur les projets d'invention.

M. Cotard, qui a déjà soumis à l'examen de la Société, à diverses reprises, un ensemble de doctrines sur les lois qui régissent le mouvement des eaux à la surface du sol, après avoir montré que les lois naturelles sont constamment agissantes et constituent, entre les eaux en mouvement et les résistances qu'elles rencontrent, un état qui amène de perpétuelles transformations du sol, a examiné s'il ne serait pas possible, en régularisant le cours du Nil, de reconstituer l'état ancien du bassin de cet immense fleuve et de rendre à l'Égypte son ancienne prospérité.

M. Mallet a communiqué une note de notre collègue Colladon sur les

perforateurs rotatifs à diamants et sur d'autres outils du même genre à pointes d'acier.

M. Brüll a analysé une note de M. Crampton relative aux avantages des longs tunnels à trois ouvertures au point de vue de la construction, de la ventilation et de l'exploitation de ces sortes d'ouvrages.

M. Périssé a donné communication de son étude sur le prix de revient des machines en France, en Angleterre et en Allemagne. Il fait remarquer qu'à l'exposition d'Amsterdam, les machines françaises ont été classées les premières pour l'ingéniosité de leurs dispositions et pour leur bonne exécution.

Par contre la France n'arrive qu'en quatrième ordre pour le prix de revient.

Il fait connaître les causes de cette infériorité qui sont :

Le prix plus élevé des houilles et leur moins bonne qualité ;

Le prix plus élevé de la main-d'œuvre par rapport à l'Allemagne et la Belgique ;

L'élévation des transports ;

La différence des frais généraux.

Il fait une étude détaillée de ces causes et, après avoir terminé, il fait ressortir que nos exportations, en produits fabriqués, diminuent, tandis qu'il y a augmentation à l'importation de ces mêmes produits alors qu'à l'étranger, et surtout en Allemagne, l'effet inverse se produit.

Il conclut en demandant que des mesures soient prises pour améliorer la situation de l'industrie et du commerce en France et il formule certains vœux dont la réalisation serait, suivant lui, de nature à améliorer les conditions de l'industrie mécanique française.

M. Couriot a présenté un travail intitulé : « l'Industrie minérale devant le Parlement ; examen des diverses propositions de la loi relative aux ouvriers mineurs. »

Il fait remarquer combien sont lourds les sacrifices que s'imposent les exploitants de houillères en faveur de leurs ouvriers qui reçoivent en sus de leurs salaires, chaque année, en secours, pensions de retraite etc., la somme énorme de 12 millions de francs qui grève de près de 0 fr. 60 le prix de revient de la houille.

Il montre que le revenu des exploitations minérales représente 4 pour 100 des capitaux engagés dans ces entreprises et que ce n'est pas le moment, eu égard aux causes multiples de l'élévation du prix de revient de la tonne de houille, alors que nos houillères ont bien de la peine à lutter contre les importations des charbons anglais, allemands et belges, qu'il convient d'imposer de nouvelles charges aux concessionnaires et de rendre cette lutte impossible.

Il s'élève contre le projet de la diminution des heures de travail dans les mines et réclame pour tous la liberté à ce sujet.

Il fait ressortir :

Que la mortalité, dans les mines, n'est pas supérieure à celle des autres professions ;

Que le nombre des accidents y est moindre que partout ailleurs.

Que le salaire des ouvriers est relativement élevé, et qu'enfin nulle part les concessionnaires n'ont fait plus, qu'en France, pour améliorer le sort de leurs travailleurs.

Cette communication donne lieu ultérieurement, à des observations de M. Chancerel qui amènent des répliques très intéressantes de MM. Couriot, Périssé, Dallot, Cotard, Hauet et Ivan Flachat.

M. Georges Salomon, qui avait écrit à la Société pour lui demander d'ouvrir une enquête sur les conditions de l'industrie en France et à l'étranger, a développé sa proposition. L'ingénieur civil, dit-il, ne peut se dispenser de donner sa note dans le grand concert de plaintes que font entendre les producteurs français. Placé entre l'ouvrier, le contremaître et le patron, il est plus à même que tout autre de signaler des causes de la crise qu'ignorent ou que feignent d'ignorer certains intéressés. Aussi estime-t-il que la grande commission parlementaire, qui ouvre une enquête sur la situation actuelle de l'industrie en France, devrait appeler à sa barre les ingénieurs, délégués plus ou moins accrédités des ouvriers et des chefs d'industrie.

La Société n'a pas pensé qu'il lui appartient d'intervenir, en tant que corps constitué, mais elle fait appel à tous ceux de ses membres qui, s'intéressant à cette importante question, voudraient bien lui apporter, sous forme de communications, les renseignements qu'ils seraient à même de réunir.

MM. Périssé et Couriot, ainsi que l'a fait remarquer M. Jules Garnier, ont devancé cet appel et les communications qu'ils ont faites répondent d'une manière presque complète au desideratum de M. Salomon et forment pour ainsi dire, les deux premières parties de l'enquête demandée.

M. Monchot a présenté une étude très intéressante sur les gisements aurifères du district d'Ouro-Porto, au Brésil.

M. le baron de Vautheleret a exposé les résultats d'une étude sur une nouvelle percée des Alpes par le Grand Saint-Bernard (col Ferret).

D'après lui, cette grande ligne internationale est la meilleure dans les intérêts de la France, à laquelle elle assurerait le transit de la Malle des Indes. C'est la voie alpine la plus rationnelle et la plus facile à exécuter.

M. Hubert ne partage pas cette manière de voir, il discute quelques-unes des indications données par M. de Vautheleret et complétera ultérieurement ses observations.

M. Chancerel a donné les résultats d'études faites par lui sur la magnésie, au point de vue de l'épuration préalable des eaux des générateurs à

vapeur. Cette communication suscite quelques remarques de la part de MM. Herscher et Regnard.

M. Quéruel a fait part de ses observations sur les machines du bateau *la Normandie* que, grâce à l'obligeance de la Compagnie générale transatlantique, il a été donné à un certain nombre de sociétaires de visiter en détail.

M. Fleury a présenté quelques observations au sujet de l'opposition que font les Anglais au percement du souterrain de la Manche pour relier l'Angleterre à la France.

Il exprime l'espoir que, mieux éclairés sur leurs intérêts, les Anglais cesseront de faire obstacle à l'exécution d'une œuvre toute d'intérêt général.

M. Plazolle a fait connaître l'état des relations industrielles et commerciales entre l'Amérique du Sud et la France.

M. Garnier (Jules) a rendu compte d'un nouveau système de traitement des minerais sulfurés de Nickel.

M. Cotard a entretenu la Société du rôle des canaux d'irrigation au point de vue du développement de la prospérité du sol.

Il examine la question de la répartition rationnelle des eaux de surface ; puis il discute le côté économique de la construction des canaux d'irrigation et il fait ressortir les avantages qui résulteraient, pour l'agriculture, de leur établissement. Il pense que l'attention des Ingénieurs doit être appelée sur ce sujet et il estime qu'une bonne répartition, sur la surface du sol, des eaux fertilisantes, serait plus utile, pour sortir l'industrie agricole de l'état de marasme dans lequel elle végète, que tous les relèvements de droits de douane et autres sollicités de toute part.

M. Seyrig a présenté le modèle d'un appareil enregistrant et dynamométrique pour les constructions. Il donne quelques détails sur cet instrument et sur les résultats qu'on peut obtenir de son emploi.

M. Regnier a donné communication de son mémoire sur les accumulateurs électriques. Il traite de leur capacité de travail, de leur rendement, de leur régime de charge et décharge et de leur durée. Il indique les applications dont ils sont susceptibles.

M. Lartigue (Charles) a présenté son système de chemin de fer à rail unique surélevé et a indiqué en quels cas il peut être utilisé. M. Boistel a donné quelques détails relatifs à l'application qu'il a faite, sur un porteur de ce genre, de la traction électrique.

M. de Cossigny a fait connaître à la Société l'organisation du service d'établissement de la carte géologique de France. Il fournit, à ce sujet, des détails intéressants et dit que sur 240 feuilles dont sera composée cette carte, 60 environ sont déjà publiées. Il est possible de se les procurer au

bureau central du service, installé dans une annexe de l'École des mines à Paris.

M. Deharme a fait une communication sur les Magasins généraux de la Seine qu'il a fait construire : il en indique les dispositions générales, puis le mode d'exécution des travaux, la machinerie, au sujet de laquelle M. Sautter donne quelques explications.

Le prix de revient de la construction, pour six étages et un rez-de-chaussée est de 369 francs le mètre superficiel non compris les acquisitions de terrains, l'installation hydraulique et mécanique, les voies, les égouts et les chaussées, ce qui fait ressortir le prix par étage à 52 fr. 70.

Cette communication amène une discussion à laquelle prennent part MM. Ivan Flachat, Noblot et Roy.

M. de Bruignac a fait un exposé de ses remarques sur l'effet d'une force.

M. Haag, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a présenté son projet de Métropolitain dans Paris. Il combine cette création, d'une part, avec la liaison directe des grandes gares entre elles, d'autre part, avec une opération de voirie devant doter Paris d'importantes rues nouvelles.

Son système consiste principalement à ouvrir, dans certaines directions et en dehors des voies actuelles, de larges trouées qui seraient occupées, au centre, par un viaduc supportant deux ou quatre voies suivant les directions et, sur chaque rive, par deux rues bordées, d'un côté, par des maisons, et de l'autre, par des boutiques et des logements installés sous le viaduc même.

M. Mauduit, architecte, qui a coopéré à l'étude définitive de ce projet, étudié avec soin dans tous ses détails, donne quelques explications sur les dispositions adoptées, par lui, pour approprier la nature de la construction et les formes architecturales, aux besoins locaux et à l'importance des quartiers traversés.

Cette communication a donné lieu, ultérieurement, à un complément d'explications de la part de M. Haag.

M. Mallet a analysé un mémoire de M. Meyer, ingénieur en chef de la Compagnie de la Suisse-Occidentale et du Simplon sur les méthodes de levé des plans au moyen de la stadia topographique.

M. de Bruignac a présenté le résumé de l'état présent de l'aéronautique. Il discute la forme à donner aux aérostats, les moteurs à employer, ainsi que les propulseurs et il arrive à cette conclusion que :

« Dès aujourd'hui, avec une bonne étude de construction à l'aide seulement des expériences faites et de la science acquise, on pourrait construire un appareil stable, gouvernant bien et marchant à 10 mètres de vitesse rotative. »

MM. Casalonga et Canovetti présentent à ce sujet quelques observations.

M. Durupt a donné lecture d'une note sur le viaduc de Douarnenez, dont

le tablier métallique s'est brisé et est tombé pendant le lancement. Il explique les causes probables du bris et décrit les moyens employés pour le relevage.

Une discussion, à laquelle prennent part MM. Ivan Flachat, Perissé, Seyrig et Cotard suit cette communication.

Il en ressort que les causes de la rupture doivent être attribuées à un vice de forme dans la construction.

M. Seyrig a rappelé qu'à plusieurs reprises il a été question, à la Société, des ascenseurs hydrauliques pour canaux et de la difficulté inhérente à la construction des corps de pompe de ces appareils.

Il rend compte des essais qui viennent d'être faits sur un nouveau mode de construction de ces corps de pompe.

Le succès de ces expériences a été complet.

M. Fleury a fait, en son nom et en celui de M. Joubert, un exposé des travaux du port de la Réunion. Il décrit notamment les procédés employés pour la fabrication et le coulage en mer, au moyen d'un appareil spécial, fort simple et très ingénieux, des blocs de béton d'un poids considérable.

M. Lavalley développe ensuite et précise les motifs qui ont fait choisir, pour l'installation de ce port, le lieu dit la Pointe-des-Galets.

M. Simon (Édouard) a donné le résultat de ses études sur les Sociétés coopératives anglaises ; il analyse les principaux systèmes pratiqués en France avec quelque succès, il signale les théories économiques qui lui paraissent dangereuses et il insiste sur la mission de l'ingénieur qui doit jouer le rôle de conciliateur au milieu des intérêts si multiples en jeu.

Ce travail très remarquable forme la troisième partie, dont les communications de MM. Périssé et Couriot sont les deux premières, de la sorte d'enquête que, suivant le désir exprimé par notre collègue, M. Salomon, la Société a demandé à l'effort de ses membres.

Tous, patrons et ouvriers, trouveront dans cet ensemble d'observations des indications précieuses et dont le plus grand avantage serait de faire disparaître les malentendus qui rendent l'entente, entre eux, si difficile.

M. Moreau (Auguste) enfin a fait une importante communication sur les chemins de fer d'intérêt local, au point de vue des avantages qu'offre la voie étroite. Il en fait ressortir l'économie et montre qu'elle peut satisfaire à un trafic local d'un certain développement.

Le travail très complet de notre secrétaire contient des renseignements précieux et il pourra être consulté avec fruit par tous ceux que ces questions intéressent.

Vous voyez, par ce résumé, quels ont été le nombre et l'importance des communications faites, en séance, à la Société.

Je ne saurais trop remercier, en votre nom, les auteurs, et j'exprime le

désir que, sous ce rapport, l'année qui commence soit aussi favorisée que la précédente.

La Société va toujours prospérant et, malgré ses pertes, dont je viens de vous entretenir, elle compte, à ce jour, 2068 membres, dont 10 honoraires.

Elle administre sagement ses fonds et, bien que toutes ses rentrées ne soient point effectuées, il lui reste en caisse au 31 décembre 1884, une somme disponible de 10371 fr.

Ses dépenses, qui comprennent le solde des travaux de mise en état de notre hôtel, exécutés en 1883, s'élèvent à la somme de 80232 fr.

L'emprunt contracté pour la construction de cet immeuble est en grande partie amorti et il ne reste à solder, de ce chef, y compris 4 obligations sorties, mais non encore réclamées par les ayants droit, que 15000 fr.

La bibliothèque ne cesse de s'enrichir des dons qui lui sont faits et son classement méthodique est achevé.

Le Comité a autorisé l'achat d'un certain nombre de livres scientifiques qui manquaient et que les sociétaires pourront consulter à l'avenir. Le nombre de ces ouvrages sera chaque année augmenté des publications les plus nouvelles et les plus utiles.

Nos publications vous ont été envoyées aussi régulièrement que possible; vous avez reçu le bulletin d'octobre, celui de novembre est sous presse et vous recevrez celui de décembre vers la fin du mois de janvier courant.

Ces bulletins, par la variété et la valeur des communications qu'ils contiennent, complétés qu'ils sont par la chronique et les comptes rendus si bien faits par notre rédacteur, M. Mallet, sont des plus intéressants.

La table générale des matières contenues dans nos publications, depuis la fondation de la Société jusqu'à l'année 1884 est presque terminée et paraîtra sous peu. C'était là un travail considérable qui, entrepris par notre secrétaire-archiviste, a été heureusement mené à bien, grâce au dévouement de nos secrétaires.

L'année dernière il n'avait pas été décerné de médaille pour le meilleur des articles publiés dans les bulletins. Nous avons été plus heureux cette année et nous avons pu en distribuer deux qui ont été attribuées à MM. Brüll et Cabanellas.

Une Commission, dont votre Président avait été appelé à faire partie, ayant été instituée au ministère du Commerce pour l'organisation de la section française à l'Exposition internationale d'hygiène et d'éducation, à Londres en 1884, il nous a été possible de faire désigner, pour faire partie du jury, quelques membres de la Société.

Je suis heureux de vous faire connaître que le succès de cette section a été complet.

Un fait s'est produit qui, au point de vue des relations extérieures de la Société et de ses membres, ne laisse pas que d'avoir une grande importance.

Il s'agit de la réception que nous avons faite à Paris, en juin dernier, à un nombreux groupe d'ingénieurs belges et hollandais qui s'étaient rendus à notre invitation.

Vous savez combien cette fête a réussi et nos collègues en ont emporté le meilleur souvenir.

Déjà ils nous ont demandé de leur rendre leur visite et nous sommes conviés à aller cette année, en Belgique, voir l'Exposition internationale et industrielle qui va s'ouvrir à Anvers et à assister aux fêtes d'inauguration, dans cette ville, des nouveaux quais du port dont les importants travaux ont été exécutés par deux des nôtres, MM. Couvreux et Hersent.

Une commission a été nommée pour organiser ce voyage et nous espérons que vous répondrez, en grand nombre, à l'appel qui vous sera fait au moment opportun.

Je finis, Messieurs et chers collègues, et avant de céder le fauteuil à mon sympathique ami de Comberousse, dont la plupart d'entre vous ont reçu les excellentes leçons et que tous vous avez appris à aimer, laissez-moi vous exprimer de nouveau ma gratitude pour le grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à vous présider pendant l'année qui vient de s'écouler.

Je vous remercie du meilleur de mon cœur.

M. de Comberousse prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Messieurs et chers confrères,

Mon cher et excellent prédécesseur vient de vous rendre compte des travaux de la Société en 1884, et ses dernières paroles ont voulu m'encourager en m'assurant d'avance de votre affectueuse sympathie. Si je ne l'avais pas encore conquise, je tâcherais de la mériter comme lui, que j'estime et que j'aime depuis mon passage au chemin de fer de l'Est sous les ordres de M. Vuigner, un autre de vos Présidents, c'est-à-dire depuis bien longtemps.

C'est avec une vive émotion que je commence le discours qu'un usage consacré m'oblige à prononcer devant vous ; mais j'espère qu'elle ne m'empêchera pas, grâce à votre bienveillance, d'aller jusqu'au bout de ma pensée.

Je dois avant tout vous remercier de vos suffrages presque unanimes : j'en ai été profondément touché. Rien n'est plus honorable, rien n'est plus doux que d'être élu par ses pairs. Au milieu d'une vie bien assombrie, vous avez fait luire un rayon : je ne l'oublierai jamais. Je suis fier, je l'avoue,

d'occuper ce fauteuil où se sont assis les créateurs et les maîtres de notre profession. A défaut d'autre mérite, je me sens avec eux en communauté d'idées et d'aspirations ; et, du moins, ma présence à cette place ne rompra pas la chaîne de vos traditions les plus respectables et les plus essentielles.

Vous auriez pu, certes, beaucoup mieux choisir; vous auriez pu désigner un confrère jeté au milieu de ces grandes affaires où le génie civil affirme toute son utilité et toute sa supériorité. Vous avez préféré, pour cette année, un ingénieur qui professe votre art dans le calme de la science, beaucoup plus qu'il ne l'applique directement dans la mêlée des intérêts et dans la lutte de tous les jours. Vous avez prouvé ainsi, permettez-moi de le dire avec une modestie personnelle dont vous ne pouvez pas douter, que vous entendiez ne rien laisser perdre de ce qui constitue notre noble et libre profession. Mieux que nulle autre, elle représente l'alliance intime de la théorie et de la pratique; et la liste de vos Présidents montre que vous avez toujours tenu à affirmer par vos choix cette vérité fondamentale. Je suis le dernier de la section à laquelle je crois appartenir sur cette liste, non seulement par le rang mais encore par le mérite. Soyez sûrs en revanche que mon dévouement à la Société, à ses intérêts, à sa prospérité et à sa grandeur, ne le cède à celui de personne.

Pardonnez-moi de m'être arrêté un instant sur les circonstances de mon élection, et ne voyez dans mes paroles que l'expression de ma très grande reconnaissance.

Messieurs et chers confrères, parmi les questions qui rentrent dans notre spécialité, celle des expositions nationales et internationales peut à bon droit attirer notre attention... On prépare pour 1889 une de ces manifestations imposantes... et j'ai le dessein de vous en entretenir aujourd'hui en toute franchise.

Peut-être est-il opportun de faire précéder d'un rapide historique les réflexions que je désire vous présenter.

La première exposition nationale eut lieu sous la première République.

Elle fut annoncée par une circulaire du ministre de l'Intérieur, François de Neufchâteau, en date du 26 août 1798. Elle devait coïncider avec la fête qui consacrait, le 1er vendémiaire, c'est-à-dire le 22 septembre, l'anniversaire de la fondation de la République et se renouveler tous les ans.

Les seules conditions exigées des concurrents étaient d'être munis de leur patente et de ne mettre en vente que des produits de leur industrie personnelle.

Un jury, nommé par le gouvernement, devait, après examen, désigner les douze fabricants, artistes ou manufacturiers, les plus dignes d'être signalés à la reconnaissance publique.

Parmi les huit membres de ce jury, je trouve Darcet, Chaptal, Berthoud, le peintre Vien, membres de l'Institut, et Molard, administrateur du Conservatoire des arts et métiers.

L'exposition eut lieu au Champ de Mars. On y construisit aux frais de l'État soixante arcades en bois destinées à recevoir les produits des arts et des manufactures. Ces arcades furent disposées rectangulairement autour d'une place au centre de laquelle on éleva un temple en l'honneur de l'industrie. Le 19 septembre 1798, à dix heures du matin, l'Exposition fut ouverte, avec une grande solennité, par le ministre de l'Intérieur précédé d'un cortège dont je vous passe le détail. Le ministre se plaça au centre du temple et fit un discours.

Cette exposition, si rapidement organisée, en un mois à peine, où seize départements sur quatre-vingt-dix-huit dont se composait alors la France avaient pu seuls envoyer leurs produits, où il n'y eut que 110 exposants, qui dura trois jours, et qui coûta soixante mille francs, cette exposition lilliputienne mais gratuite, où les autres étaient en germe, n'en dépassa pas moins toute attente. Elle montra que, pendant la guerre aussi terrible qu'injuste faite à la nation française, les arts et l'industrie n'avaient pas périclité comme on aurait pu le craindre.

Le règlement étant formel, le jury ne put accorder de distinction du premier ordre qu'à douze exposants. Treize d'entre eux reçurent en outre des distinctions du second ordre, c'est-à-dire des mentions honorables.

La deuxième et la troisième exposition eurent lieu en septembre 1801 et 1802, sous le ministère de Chaptal. On prit comme emplacement la grande cour du Louvre, où l'on disposa cent quatre portiques romains, et les deux expositions durèrent, l'une six jours, l'autre sept.

En 1801 et 1802, au lieu de deux degrés de distinctions, on adopta des médailles d'or, d'argent, de bronze, et des mentions honorables.

Il n'est que juste de faire remarquer incidemment que le Conservatoire des arts et métiers, en germe dans la collection des machines formée par l'Académie des sciences, et installée au Louvre vers 1680, et dans le musée Vaucanson qui date de 1775, ne fut réellement créé que par un décret de la Convention du 10 octobre 1794. La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale fut fondée en 1801 par quelques citoyens dévoués. Ainsi, l'industrie, par les efforts du gouvernement et par l'initiative privée, recevait à cette époque, qu'il faut considérer sous toutes ses faces pour la juger équitablement, la plus heureuse impulsion.

La quatrième exposition eut lieu seulement en 1806, sous le ministère de M. de Champagny. Le nombre des exposants ayant notablement augmenté, on se transporta à l'esplanade des Invalides où l'on construisit cent vingt-quatre portiques en bois décoré, en y annexant onze salles de l'administration des ponts et chaussées établie à proximité. On décerna aux vainqueurs des médailles d'or, des médailles d'argent de première et de seconde classe, des mentions honorables et de simples citations. Le spectacle de cette solennité, cette fois vraiment nationale, fut offert au public pendant vingt-quatre jours.

Il n'y eut plus d'expositions sous le premier empire accablé d'autres

soucis, et qui ne voulut pas ou, pour mieux dire, à qui son origine interdisait sans doute, par malheur pour nous, d'être aussi grand dans la paix qu'il l'avait été d'abord dans la guerre.

La Restauration, réveil trop incomplet et trop combattu, mais néanmoins bienfaisant des libertés publiques, renoua la série si cruellement interrompue par des événements grandioses et tragiques.

Une ordonnance royale du 15 janvier 1819 décida que les expositions de l'industrie auraient lieu tous les quatre ans. Il y en eut donc trois sous les Bourbons de la branche aînée, en 1819, 1823 et 1827. Ces expositions furent installées dans les salles et les galeries du premier étage du Louvre; mais, peu à peu, les collections relatives aux beaux-arts restreignirent la place accordée à l'industrie et il fallut, en 1827, construire dans la cour une galerie étroite, fort mal aménagée.

Nous voici à la septième exposition. La huitième devait s'ouvrir en 1831, après la Révolution de Juillet; mais les graves préoccupations politiques de cette époque y firent renoncer. On consulta les chambres de commerce sur la durée de l'ajournement et sur celle de la période de retour. Les intéressés demandèrent qu'une exposition des produits de l'industrie française eût lieu tous les cinq ans, à partir du 1er mai 1834.

L'exposition ainsi décidée se fit place de la Concorde. On construisit sur chacun des quatre terre-pleins de la place, compris entre les fossés et les bornes qui existaient alors, un rectangle en charpente de 66 mètres de longueur sur 50 mètres de largeur. Ces quatre rectangles étaient élevés à un mètre du sol, sur des murs en moellons, et présentaient à l'intérieur une longue galerie, éclairée latéralement des deux côtés et divisée de huit mètres en huit mètres par de petites colonnes formant avant-corps. On accédait aux galeries et l'on en sortait par une double pente douce. Une cour spacieuse occupait le centre de chaque rectangle pour les besoins du service et permettait de prendre, contre les dangers d'incendie, toutes les précautions nécessaires. La dépense, aux frais de l'État, atteignit environ 300 000 francs.

Pour cette huitième exposition, les produits durent être admis préalablement dans chaque département par un jury nommé par le préfet. Les récompenses, consistant en médailles d'or, d'argent et de bronze, furent décernées sur le rapport d'un jury central établi à Paris. Enfin, innovation heureuse à signaler, les préfets, sur l'avis des jurys départementaux, purent demander des décisions particulières pour les artistes qui, par des inventions ou des procédés non susceptibles d'être exposés séparément, avaient contribué aux progrès industriels depuis 1827.

C'est aux Champs-Élysées, dans l'espace appelé carré des jeux ou carré Marigny, que fut installée l'exposition de 1839. L'importance de ces manifestations grandissait, et l'édifice qu'on leur consacrait devait s'en ressentir. Un dallage en mosaïque d'asphaltes y conduisait. Des inscriptions placées au-dessus des différentes portes ornées indiquaient la destination de

chaque partie. Les quatre côtés correspondaient à quatre divisions séparées, réunies entre elles par des salles perpendiculaires. L'exposition attesta les ressources du pays et les progrès rapides de l'industrie dans toutes les directions, notamment dans son alliance de plus en plus intime avec l'art, à l'exemple de l'antiquité.

L'exposition de 1844 eut lieu sur le même emplacement que la précédente. Un vaste rectangle, formé de quatre galeries occupant ensemble 16 000 mètres carrés, reçut les produits variés du travail français. Une cour intérieure et couverte fut remplie par les machines et les grands appareils. Enfin, dans l'espace compris entre le palais et l'enceinte extérieure, on plaça les machines et les instruments d'agriculture. Cette dixième exposition l'emporta à tous les points de vue sur ses aînées, et elle suggéra d'utiles réflexions. 84 départements y concoururent. Chose curieuse, le Lot n'exposa rien, ni en 1839, ni en 1844; la Corse, qui avait exposé en 1839, n'exposa pas en 1844.

On commença à s'intéresser très vivement à ces assises de l'industrie. On se trouva en face d'une dépense d'environ 600 000 francs, avec un édifice provisoire. L'exposition étant quinquennale, cela faisait 120 000 francs par an. Or, on calcula qu'un palais permanent de l'industrie pourrait coûter de 4 à 5 millions, ce qui représente un intérêt annuel de 160 000 à 200 000 francs. L'écart n'était que de 40 000 à 80 000 francs par an en faveur d'un édifice provisoire. L'idée d'un édifice durable, destiné aux expositions nationales, prit donc corps à ce moment et ne devait pas tarder à être réalisée.

Les récompenses décernées à quelques prétendus fabricants, simples marchands et n'ayant pas chez eux un seul ouvrier, avaient causé un peu de scandale. On réclama et l'on demanda qu'une part équitable fût réservée à chacun : au capitaliste qui met ses fonds dans une utile entreprise, au directeur ou à l'ingénieur qui la fait fructifier, enfin à l'ouvrier dont l'habileté manuelle façonne des objets remarquables et les revêt d'un cachet spécial. C'était un pas vers la solution du vaste problème qui préoccupe à bon droit notre époque : faire vivre dans une paix harmonieuse et féconde les trois éléments de toute production humaine, le capital, l'intelligence et le travail.

La onzième exposition fut encore établie en 1849 au carré Marigny, dans un bâtiment toujours provisoire, mais plus monumental. On prit des précautions contre le retour de l'orage qui, en 1844, avait détruit un nombre considérable d'articles précieux, en créant un système de puisards aboutissant à une cour centrale où toutes les eaux pluviales se réunissaient pour s'écouler ensuite vers la Seine. On ajouta cette fois aux quatre faces du rectangle de 206 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur, deux galeries transversales parallèles à ses petits côtés; ce qui permit d'établir trois cours et de consacrer celle du milieu, en déguisant le puisard principal, à une charmante exposition d'horticulture. Pour la première fois, une place fut réservée dans la section d'agriculture aux animaux vivants;

mais peu d'éleveurs répondirent à l'appel. Les richesses de l'Algérie apparurent aussi timidement. La dépense des bâtiments s'éleva à près de 900 000 francs, y compris l'écurie, la bouverie et le hangar pour les instruments aratoires.

Nous voilà arrivés au terme de nos expositions nationales, le champ va s'agrandir tout à l'heure. L'Europe, le monde entier, vont être conviés à ces réunions grandioses qualifiées d'expositions universelles internationales et qui font rêver aux philosophes humanitaires un immense baiser Lamourette trop cruellement démenti par les événements.

Avant de mettre le pied sur ce nouveau terrain, permettez-moi de résumer par des chiffres le chemin parcouru par la France dans cette voie où elle a été la première et longtemps la seule.

On peut donner comme il suit le résumé de nos onze expositions françaises.

La première	en 1798	comptait	110	exposants
La deuxième	1801	—	220	—
La troisième	1802	—	540	—
La quatrième	1806	—	1422	—
La cinquième	1819	—	1662	—
La sixième	1823	—	1648	—
La septième	1827	—	1795	—
La huitième	1834	—	2447	—
La neuvième	1839	—	3381	—
La dixième	1844	—	4137	—
La onzième	1849	—	4615	—

Et, pendant que le nombre des exposants grandit, la dépense s'accroît de 60 000 à 900 000 francs, et la durée de l'exposition passe de quelques jours à plusieurs mois.

Mais tout cela n'est rien à côté du mouvement ou de l'ébranlement causé par les expositions universelles dont je ne veux caractériser devant vous que les principales. Vous me pardonnerez quelques longueurs, si je parviens à vous montrer par quelle progression le gland est devenu chêne.

Voyons d'abord l'exposition universelle de Londres, en 1851.

L'idée appartient sans conteste à la France, comme celle des expositions nationales. En 1849, Paris aurait pu donner ce spectacle au monde : la question fut soulevée à plusieurs reprises. On craignit d'agiter le pays, les chambres de commerce exprimèrent un avis négatif, et l'on se contenta d'une exposition ordinaire.

Déjà, en 1833, ce fait doit être rappelé, M. Boucher de Perthes, l'anthro-

pologiste célèbre, s'écriait à Abbeville, en pressant les ouvriers de concourir à l'exposition de 1834 :

« Pourquoi donc ces expositions sont-elles encore restreintes? Pourquoi ne sont-elles pas faites sur une échelle vraiment large et libérale? Pourquoi craignons-nous d'ouvrir nos salles d'expositions aux manufacturiers que nous appelons étrangers, aux Belges, aux Anglais, aux Suisses, aux Allemands? Qu'elle serait belle, qu'elle serait riche une exposition européenne! Quelle mine d'instruction elle offrirait pour tous! Et croyez-vous que le pays où elle aurait lieu y perdrait quelque chose? Croyez-vous que si la place de la Concorde, ouverte le 1er mai 1834 aux produits de l'industrie française, l'était à ceux du monde entier, croyez-vous, dis-je, que Paris, que la France en souffrît et que l'on y fabriquât ensuite moins ou moins bon? Non, messieurs, la France n'en souffrirait pas plus que la capitale : les expositions sont toujours utiles, car partout elles offrent instruction et profit. »

Quoi qu'il en soit, l'idée traversa la mer. Après l'exposition de 1849, M. Sallandrouze essaya de la transporter en partie à Londres, en faisant appel aux exposants français et en exposant lui-même ses beaux tapis et les produits des manufactures nationales que le ministre du commerce lui avait confiés. Cette tentative eut un véritable succès. Les Anglais se demandèrent pourquoi ils n'inviteraient pas les autres nations à suivre l'exemple de la France. Le prince Albert se mit à la tête du projet, des souscriptions particulières furent promptement obtenues, et le palais de Cristal s'éleva comme par enchantement, en cinq mois, sous l'habile direction de M. Paxton — il faut dire plus — sous la direction géniale de cet artiste, administrateur et inventeur. La dépense atteignit 3 750 000 francs.

Ce n'était plus le palais de l'Industrie des Champs-Élysées. On avait pris huit hectares au sud de Hyde-Park, dont sept pour l'exposition proprement dite et un pour la circulation. L'Angleterre s'adjugea quatre hectares et donna moins d'un hectare à la France.

Pour la construction du palais, rien que de la fonte et du verre. Je ne cite pas les chiffres du devis qui frappent l'imagination, mais qui sont une simple conséquence de l'espace à couvrir. On a dit avec raison que l'Angleterre aurait pu offrir, aurait pu exposer le palais de Cristal comme unique spécimen de sa puissance productive et de son énergique activité, comme preuve aussi de son esprit de *self-government;* car il n'y eut pas la moindre contribution du budget et de l'État, sauf 500 000 francs pour la distribution des récompenses aux exposants.

Le jury fut composé moitié d'Anglais et moitié d'étrangers. Chaque branche d'industrie eut d'ailleurs son jury spécial. Le nombre total des jurés s'éleva à 270, dont 30 Français.

La France remporta là une victoire. C'est son industrie qui obtint proportionnellement le nombre de récompenses le plus considérable. Mais aussi, tout avait été choisi, l'exposition française était parfaite, aucun étalage de valeur médiocre ne venait amoindrir le brillant effet d'ensemble : on était charmé de tous les côtés.

Notre pays eut, à son tour, son exposition universelle en 1855. Le palais de Cristal avait déjà accordé l'hospitalité aux beaux-arts, mais avec parcimonie et en les traitant comme un aimable accessoire. Paris, sous ce rapport, fut en grand progrès sur Londres. On offrit, avenue Montaigne, un palais digne d'elles à la peinture et à la sculpture. On y vit resplendir les plus belles œuvres contemporaines. Toutes les grandes écoles de l'Europe se trouvaient largement représentées : on pouvait les comparer et les admirer dans le calme et le recueillement, loin du bruit et des mille distractions de l'exposition industrielle.

Vous connaissez tous le palais de l'Industrie élevé enfin d'une manière permanente aux Champs-Élysées, pour cette solennité. Une annexe avait été construite sur le bord de la Seine comme galerie des machines; et, au Champ de Mars, les plus beaux types d'animaux reproducteurs des races bovine, ovine et porcine, dormaient et ruminaient sous leurs tentes au nombre de seize cents. Jamais encore on n'avait vu une pareille réunion.

A l'exposition de Londres, en 1851, il n'y avait eu que 13 917 exposants, dont 1800 Français environ. En 1855, on compta à Paris, pour les beaux-arts, 5112 exposants, dont 2711 Français, et pour l'industrie et l'agriculture, 18842 exposants, dont 9637 Français, c'est-à-dire en tout 23954 exposants, dont 12348 français.

En 1862, l'Angleterre eut sa seconde exposition universelle. Le célèbre palais de Cristal, grâce aux bénéfices réalisés par nos heureux voisins, avait été conservé et transporté tout entier à huit milles de Londres, dans le petit village de Sydenham, pour devenir un musée d'art et d'histoire naturelle, destiné surtout à développer l'éducation artistique du peuple Anglais. On éleva donc un nouveau palais industriel au sud de Hyde-Park, dans le domaine de Kensington, à 300 mètres environ de l'emplacement occupé en 1851 par le palais de Cristal.

Le palais de Kensington est en briques, avec toiture en bois. Le cristal est rappelé par deux dômes en verre, situés aux extrémités opposées de l'édifice. Le terrain, de plus de 3 hectares, a été acheté par les commissaires de l'exposition de 1851, sur les bénéfices réalisés.

Le palais de Kensington paraît assez laid à l'extérieur. Un écrivain de l'époque a dit : « On fait un kilomètre autour d'une grande muraille en maçonnerie qui ressemble à un pénitencier et dans laquelle on trouve à peine des ouvertures. Les deux dômes en verre ont l'air de deux immenses couvercles en toile métallique, posés sur des plats pour empêcher les mouches d'entrer. » Il ne faut donc pas s'arrêter à l'extérieur. Ajoutons que les dômes, situés à 70 mètres au-dessus du sol, outre l'effet peu artistique, concentrent une chaleur trop intense à l'intérieur.

On entrait par suite, désappointé; mais l'ingénieur, le capitaine Fowke, reprenait alors sa revanche. On était, en pénétrant dans le palais, sous le dôme de l'est et, devant soi, on voyait le transept entièrement vitré s'étendre en contre-bas jusqu'au grand espace circulaire recouvert par le dôme de

l'ouest. Les poutres en fonte de la charpente peintes de différentes couleurs au-dessous, les drapeaux, les banderolles, avec leurs tons variés et leurs couleurs claires : tout cela produisait à l'intérieur un effet agréable et séduisant. Les beaux-arts n'avaient pas de bâtiment séparé comme en France, en 1855. Les salles correspondantes, avec plafond vitré, étaient, sur deux des côtés du palais, adossées aux galeries supérieures de l'exposition industrielle; et cette disposition était heureuse. L'édifice, trop petit pour la masse énorme des objets exposés, avait dû être complété par deux annexes placées au nord, perpendiculairement à la direction du transept. L'une de ces galeries annexes, consacrée aux machines en mouvement, était loin d'offrir les mêmes avantages que notre galerie des machines en 1855.

Mais je me hâte de toucher un point plus important.

Dans ces grandes expositions de 1851, 1855, 1862, on a persisté à classer les produits par nations. Sans doute, cette méthode permet de grouper les objets beaucoup plus rapidement ; mais, à coup sûr, elle n'aide pas aux études comparatives.

Il est clair qu'il est bien difficile de rapprocher avec impartialité deux produits de même espèce, l'un anglais, l'autre français, s'ils sont placés loin l'un de l'autre dans les régions réservées aux deux nations. Si l'on pouvait au contraire avoir à la fois sous les yeux, ou du moins successivement à petites distances, les objets qu'on désire examiner, les différences s'accuseraient sans peine, les nuances apparaîtraient, et le caractère instructif de l'exposition y gagnerait beaucoup. Si les objets sont dispersés sans ordre, sans fil conducteur, on flâne et l'on apprend rien. Cette remarque nous conduira tout à l'heure, en 1867, au système logique de M. Le Play, si bien mis en relief par M. J.-B. Krantz.

L'exposition française à Londres, en 1862, fut encore extrêmement remarquable. Mais l'Angleterre avait pris la moitié du palais ainsi que les annexes et, se faisant la part du lion comme à l'ordinaire, avait semblé dire aux autres : arrangez-vous. La France, très à l'étroit, étouffant, eut bien de la peine à mettre en lumière l'entassement de ses richesses, les merveilles qu'elle avait envoyées à Londres.

Notons que l'État, en Angleterre, n'intervint pas plus en 1862, qu'en 1851. Un comité de cinq personnages considérables à divers titres — le comte de Granville, le marquis de Buckingham et de Chandos, M. Thomas Baring, M. Thomas Fairbairn, sir Wentworth Dilke — fut muni par l'État des pouvoirs nécessaires pour créer l'exposition, voilà tout. La garantie pécuniaire fut donnée par un groupe d'un peu plus de cent personnes, appartenant à l'aristocratie ou au grand commerce, qui engagèrent leurs noms pour une somme de 450 000 livres sterling ou de 11 250 000 francs. Les souscripteurs acceptaient les pertes possibles, mais se réservaient, bien entendu, de recueillir les bénéfices. C'était une affaire, mais une affaire patriotique. Organisation excellente, qui mettait l'État ou la bourse de tous

à l'abri d'éventualités fâcheuses, et que l'exposition française de 1855 n'avait pas présentée.

Les expositions furent gratuites en France jusqu'à la première exposition universelle de 1855. On adopta alors, en rendant les entrées payantes, une combinaison mixte où l'action officielle dominait la spéculation privée : l'expérience ne fut pas favorable.

En 1867, la France, à son tour, rouvrit une exposition universelle. C'était trop tôt après Sadowa : un vertige sur la pente de l'abîme, mais un spectacle magnifique, un nombre d'exposants incroyable. A Londres, ce nombre s'était élevé en 1862 à 28 653 ; à Paris, en 1867, il double presque, il atteint le chiffre de 50 226.

Et le nombre des visiteurs s'accroît dans la même proportion. En 1851, à Londres, on compte 6 039 000 entrées payantes; à Paris, en 1855, un peu moins, 5 162 000. A Londres, en 1862, on enregistre 6 211 000 visiteurs; mais, à Paris, en 1867, plus de dix millions.

Ces renseignements statistiques sont d'ailleurs impuissants à donner une idée véritablement juste de la vogue, de l'entraînement, de l'engouement soulevés dans le monde entier par cette exposition encadrée si singulièrement entre deux luttes sanglantes.

Pendant que les dernières rumeurs de guerre s'éteignaient au nord et au centre de l'Europe, on rasait la colline du Trocadéro et l'on transformait le Champ de Mars. Le travail fut immense. Il y eut 350 000 mètres cubes de terrassements, 7 kilomètres d'égouts, 3 kilomètres et demi de galeries d'aérage. Il fallut 50 000 mètres cubes de maçonneries, 1 500 000 kilogrammes de fonte, 13 000 000 de kilogrammes de fer et de tôle, 6 hectares de zinc en feuilles et 6 hectares de verre à vitre pour couvertures. La surface totale du palais couvrit 15 hectares et demi se subdivisant ainsi : 108 400 mètres quarrés pour les exposants, 9 300 mètres quarrés pour les promenades couvertes, 31 600 mètres quarrés pour les passages de toutes sortes, 5 700 mètres quarrés pour le jardin intérieur. Le total de la dépense brute fut de 11 200 000 francs et la dépense nette, par suite de la revente des matériaux, de dix millions de francs. On arriva donc à un chiffre, modéré après tout, de 67 francs par mètre quarré de surface couverte.

La partie originale et neuve de l'exposition fut la division établie entre les exposants des différentes nations. On sait que l'ensemble de l'édifice avait l'aspect général d'une ellipse dont le grand axe mesurait 490 mètres de long, et le petit axe, parallèle à la Seine, 380 mètres.

Les diverses galeries concentriques se développaient à différentes distances et autour du jardin central. Seize passages, d'inégales largeurs, permettaient d'aller de l'extérieur à l'intérieur de l'édifice, en le traversant de part en part. *La galette de l'exposition*, comme on l'a dit à l'époque, *était ainsi découpée en tranches*. Les nations étaient séparées par ces passages, c'est-à-dire par des rayons. Leurs produits étaient rangés, classés méthodiquement, suivant les galeries successives. Il en résultait que chaque

nation recevait, d'après son importance au point de vue industriel, une tranche plus ou moins épaisse comprise entre deux rayons, et dans laquelle elle devait distribuer ses produits, en allant de la circonférence au centre, suivant la classification adoptée pour les galeries concentriques. Sans aucun doute, c'était là le vrai système et le seul rationnel, pour empêcher l'exposition de demeurer un labyrinthe inextricable où l'on trouvait toujours ce qu'on ne cherchait pas et où l'on cherchait ce qu'on ne trouvait jamais.

L'exposition agricole était renfermée dans l'île de Billancourt, à 5 kilomètres du Champ de Mars.

Et, dans ce Champ de Mars pour ainsi dire disparu et recouvert par une ville, on avait jeté çà et là, dans le parc improvisé, un nombre extraordinaire d'édifices de toutes les formes, de tous les types et de tous les temps, qui surgissaient au milieu des arbres et des charmilles, jusqu'à des fermes et des métairies où le voyageur fatigué pouvait aller boire sa jatte de lait écumant, jusqu'à un aquarium d'eau douce où il pouvait aller chercher la fraîcheur.

Qui ne se rappelle, sous l'ample marquise qui courait autour du palais, les restaurants et les cafés de tous les pays, servis par les indigènes eux-mêmes, dans leurs costumes nationaux et avec leurs mets nationaux. — Et les sept galeries s'enroulant successivement jusqu'au jardin central : galerie des machines si remarquable, si frappante; galeries des matières premières, du vêtement, du mobilier, du matériel des arts libéraux, des beaux-arts, de l'histoire du travail. — Et, dans ce jardin central à ciel ouvert, égayé par les jets d'eau, éclairé par les statues, le pavillon de l'exposition des monnaies, des poids et des mesures, qui faisait désirer leur unité.

— Et dans l'exposition prussienne, le canon le plus énorme qui ait jamais été fondu — comme un symbole de l'avenir — pendant que nous nous endormions dans notre enivrement et notre confiance aveugle...

Venons à notre dernière exposition universelle, celle de 1878, accomplie après nos désastres et comme signe de notre relèvement. Par elle, la France traçait, pour ainsi dire, la démarcation entre le passé et l'avenir.

L'exposition fut encore plus considérable que celle de 1867. Au palais du Champ de Mars, on ajouta le palais du Trocadéro. Et, dans ce palais, on groupa, on rassembla la grande salle des fêtes, les musées ou les collections de l'art rétrospectif, la galerie du travail, les auditions musicales et les conférences de toutes sortes.

Cette tentative n'avait pas eu immédiatement pour elle l'assentiment public. On avait peur d'être vaincu dans cette bataille, et on y allait avec un frisson de crainte. Ce fut un triomphe éclatant, et l'Europe nous en félicita. Il était justement acquis, parce que nous avions voulu, par un puissant effort, réussi mieux encore qu'on ne pouvait l'espérer, élever le niveau de l'exposition en ajoutant un caractère intellectuel et artistique de plus en plus prononcé à son côté industriel. Voilà l'intérêt et le meilleur éloge de

cette grande hardiesse de la France, réveillée et debout. Le palais du Trocadéro en garde une auréole qu'il n'aurait pas sans cela.

On créa vraiment un monde, et combien je l'ai mieux aimé que celui improvisé déjà en 1867. Nous avons tous senti alors un souffle plus élevé, une atmosphère supérieure moralement parlant.

Qui de nous n'a parcouru le parc du Trocadéro, si gracieux et si animé? Qui ne se souvient, dans l'exposition de l'Algérie, de la petite maison du colon Alsacien-Lorrain? En la contemplant, qui ne s'est écrié en lui-même : Oh! que les plus formidables hommes d'État sont maladroits! quelle fissure dans les plus grandes intelligences, et comme le cœur à certains moments vous conseille mieux que l'esprit! — Certes, M. de Bismarck serait actuellement un homme que personne n'aurait égalé dans l'histoire, s'il avait compris qu'il ne faut pas arracher à une nation ses enfants et le meilleur de son cœur! (*Bravo! Bravo! vifs applaudissements.*)

Je vous demande pardon... Je reviens au parc que nous admirions, à toutes ces expositions particulières semées comme un prodigue sème ses richesses : le pavillon des Forêts; celui du Creusot, avec ses modèles de maisons d'ouvriers et d'écoles; les résultats des missions scientifiques; l'exposition municipale de la ville de Paris, où nous avons tous remarqué que le nombre des élèves des écoles primaires avait doublé en dix ans. — Et cette rue des Nations, une merveille et une idée neuve, une rue où chaque nation avait sa façade ornée à sa mode, d'un côté, et qui, de l'autre, était bordée par l'exposition des beaux-arts. — Enfin, la galerie du travail industriel, longue suite d'ateliers en raccourci, renfermant chacun deux ou trois ouvriers ou ouvrières, où l'on saisissait l'industrie sur le fait et où l'on contemplait le travail manuel ennobli. C'est là que les exemples les plus simples et les plus vulgaires mettaient en évidence l'utilité des machines et leur prodigieuse faculté de multiplication. — Que disait le catalogue officiel à propos des boutons? La fabrication annuelle des machines qui servent à les confectionner atteint à peine 500 000 francs, tandis que la production des boutons dépasse elle-même cent millions de francs par an : c'est deux cents fois plus. — Il ne faut pas que les ouvriers se fâchent contre les machines; car ils profitent aussi du bon marché qui résulte d'une grande production, et ils ont, comme tout le monde, besoin de boutons.

Diderot ne disait-il pas : « Le spectacle de l'industrie humaine est en lui-même grand et bienfaisant... » Et il ajoutait : « Les artisans se sont crus méprisables, parce qu'on les a méprisés. Apprenons-leur à mieux penser d'eux-mêmes : c'est le seul moyen d'en obtenir des productions plus parfaites. »

Je suis forcé de dire que je ne sais pas bien si, aujourd'hui, la lumière est absolument faite comme nous le désirons tous et comme nous devons essayer de la faire. Comment les travailleurs manuels n'ont-ils pas deviné que, lorsque nous allons à eux, nous regrettons de ne pas savoir travailler comme eux. Répétons les paroles de Diderot. Tâchons de montrer que

nous ne méprisons personne, et de prouver que nous estimons le travail sous toutes ses formes plus que tout au monde.

Mais je continue... En 1878, le palais du Champ de Mars occupait plus de 25 hectares. Il y eut 53 000 exposants et 12 millions de visiteurs. Les recettes s'élevèrent à 12 400 000 francs. Le palais de fer du Champ de Mars et le palais de pierre du Trocadéro formaient contraste. Ce palais de fer, il avait fallu le décorer, et l'emploi des terres cuites émaillées fut pour cela des plus heureux : voilà une conquête nouvelle pour les architectes et les ingénieurs.

Comparez maintenant l'exposition de 1798, avec ses 110 exposants et ses baraques en planches, à l'exposition de 1878, et vous direz : « entre la barque des temps préhistoriques creusée dans un tronc d'arbre, qui se voit au musée de Saint-Germain, et un de nos gigantesques steamers transatlantiques, la distance n'est pas plus grande[1]. »

Messieurs et chers confrères, voilà le chemin accompli par les expositions qui ont couru le monde, comme les flambeaux que se passent les coureurs antiques dans Lucrèce — qui sont allées à Vienne, à Philadelphie, à Melbourne, à Amsterdam, et qui iront demain à Anvers où nous essayerons d'être au premier rang pour la plus grande gloire de la Société des Ingénieurs civils et de la France — ou plutôt, je me trompe, pour la plus grande gloire de la France et de la Société des Ingénieurs civils.

Nous, nous voulons en faire une, inimitable, en 1889. Examinons et discutons un peu. Je dois dire que j'ai été étonné. Je rêvais autre chose pour ce centenaire. Mais je me trompe sans doute. S'il s'agit, en cette solennité, de donner au siècle qui marche vers sa fin son véritable nom, il est bien clair que ce nom est, avant tout ou après tout, celui de siècle de l'industrie. Et alors, l'exposition universelle se conçoit à ce point de vue.

Certes, dans ces foules, déracinées pour ainsi dire, qui s'abattent sur Paris ou sur Londres aux jours des expositions universelles et qui en font comme les caravansérails des nations, l'intérêt matériel, industriel, agit fortement; mais il y a autre chose. Il y a l'amour-propre, le noble orgueil du grand manufacturier, de l'artiste, du fabricant, qui veut représenter dignement son pays et montrer son chef-d'œuvre, comme les anciens compagnons, les anciens maîtres des corporations. Il y a aussi un sentiment confus, combattu, troublé, de désir d'union, de paix, de prise de possession de la planète par la race humaine. Les distances s'amoindrissent, la mer est soumise. La terre nous apparaît de plus en plus ce qu'elle est en réalité : un simple domaine qui nous a été donné et que nous devons cultiver dans les meilleures conditions possibles. On trace des routes marines. Quand un

1. M. de Molinari.

isthme gène, on s'en débarrasse... plus ou moins facilement. On peuple les solitudes, on crée des colonies au bout du monde, on croit bien faire. Ces colonies grandissent et, déjà, elles dérangent la balance de la vieille Europe. Elles la dérangeront bien davantage dans cent ans, si l'Europe ne comprend pas, si elle s'obstine dans ses préjugés, dans ses haines, dans ses convoitises, et si elle ne forme pas, d'un seul cœur et d'un seul jet, les États-Unis du Vieux Monde, les États-Unis de l'Est, contre ces nouvelles puissances qui l'enserrent et l'envahissent. Nous verrons d'assez mauvais jours si nous n'y prenons garde, et notre suprématie disparaîtra. Eh bien, ce n'est pas par amour-propre, mais nous devons rester à notre place : nous sommes les ancêtres, et l'on doit nous respecter. Mais ces jeunes gens qui s'en vont si loin ne connaissent plus leurs parents et, à plus forte raison, leurs grands parents : il faut donc nous faire respecter nous-mêmes.

La tendance que j'indiquais tout à l'heure, cette attraction, en quelque sorte religieuse, a été surtout visible à Londres en 1851 et en 1862 : chaque peuple porte son âme dans toutes ses manifestations. En 1862, l'Angleterre venait de perdre le prince Albert qui lui avait rendu de si grands services. L'émotion était êxtrême. L'hymne fameux du poète-lauréat Tennyson, déclamé le premier jour de l'exposition, frappa d'autant plus vivement le public.

Je n'ose pas vous lire la fin de cet hymne, cela ne serait peut-être pas ici à sa place; mais, enfin, c'est grandiose.... (*Si, si, lisez.*) Alors, c'est vous qui l'aurez voulu... Je suis content que vous m'en donniez la permission. L'industrie ne se prête guère à la poésie. Quand on cherche à faire des vers sur la locomotive qui traverse l'espace, ce sont généralement des vers manqués. Mais, cette fois, Tennyson a été mieux inspiré. Voilà ses vers sur l'industrie, qui sont une prière.

« O toi, sage qui penses! O toi, sage qui règnes! détache la dernière chaîne du commerce agrandi, et que ce pacificateur, déployant ses vastes ailes blanches, vole à tous les havres prospères sous l'immense voûte des cieux, mêlant les saisons et les jours heureux, jusqu'à ce que chaque homme fasse son propre bonheur du bonheur de tous (*Bravos*), et qu'unis dans une noble fraternité, ils brisent d'un commun accord leurs flottes cuirassées, renversent leurs tours fortifiées, et, dominateurs de par les puissances de la nature, fassent une même gerbe de tous les fruits de la paix, et se couronnent ensemble de toutes ses fleurs. (*Vifs applaudissements.*) »

Rêve éblouissant, mais rêve d'un poète... il ne faut pas l'oublier.

Je reviens à mon sujet dont je me suis trop écarté, et je veux vous présenter une dernière réflexion incidente.

Ne croyez-vous pas avec moi qu'il y aura un temps d'arrêt dans ces expositions universelles et que, peut-être, l'exposition de 1889 sera la dernière ? L'activité humaine, sans cesse dans le cours des siècles, change de direction et varie son effort. Au seizième siècle, à la Renaissance, il y eut

un mouvement aussi surprenant que celui auquel nous avons assisté, et qui ne survécut guère aux génies de toutes sortes éclos à la même heure. La découverte du nouveau monde fut liée à celle de la navigation et à celle de l'astronomie réelle; les sciences et les arts prirent en même temps un épanouissement singulier. On crut s'emparer du globe, avec un élan fort semblable à celui d'aujourd'hui. La pensée, plus idéale, intervint alors. Il sembla qu'on eût travaillé pour elle, afin de lui donner un aliment plus noble, un champ plus vaste à parcourir. Elle prit le dessus et, avec les littératures classiques de France et d'Angleterre, renouvelées aux sources de l'antiquité et gardant pourtant un cachet original, elle domina pendant les siècles suivants, en rejetant un peu dans l'ombre l'immense mouvement du seizième siècle. Ce mouvement, par bien des côtés, se rattache à celui du dix-neuvième siècle; mais rien ne dit qu'au vingtième siècle une nouvelle évolution de l'esprit humain ne se produira pas : il faut s'y attendre au contraire.

Ces oscillations, d'ailleurs, ne sont pas un mal et se corrigent l'une l'autre. Les choses, à l'heure actuelle, paraissent supérieures à l'homme qui les accomplit : elles l'écrasent en quelque sorte. Un peu plus tard, bientôt peut-être, l'homme, revenu de son effarement, reprendra son niveau et dominera les choses à son tour, en les classant et en restant ce qu'il doit être : le conducteur et le gouverneur de son domaine.

L'utilité des expositions a été beaucoup discutée et le sera encore. L'industrie a des droits, elle a un rôle important. Il est naturel de l'appeler de temps à autre à un concours qui permette de mesurer, par comparaison, le chemin parcouru et celui qui reste à faire. Mais, pour que ces concours aient leur pleine valeur, bien des conditions doivent être remplies. Il faut que tous les manufacturiers éminents consentent à descendre dans l'arène, et que la sincérité de tous les exposants soit complète. Il serait à désirer, en outre, qu'on renonçât aux travaux exceptionnels accomplis pour la seule circonstance de l'exposition, et qu'on se bornât aux produits habituels de son industrie. Autrement, l'exposition peut-être un magnifique spectacle, elle n'est pas la représentation fidèle des vraies forces productives des nations à une époque déterminée. La forme emporte le fond.

J'ajoute qu'on admet les expositions officielles et collectives à côté des expositions individuelles. La justice se trouve ainsi absolument faussée. Si l'on ne veut pas se reposer sur de vieux lauriers qui empêchent d'apercevoir qu'il n'en pousse pas de jeunes par-dessous, il est indispensable de séparer les groupes des unités. Il est impossible de lutter contre les grands ateliers de l'État, contre les corps constitués. Mettez-les donc à part et donnez-leur des récompenses spéciales, si vous le jugez nécessaire. Laissez d'autre part la lutte s'établir à armes égales entre les véritables concurrents, entre les véritables intéressés.

Mais j'arrive, et je vous demande pardon de cette causerie vagabonde et de toutes ces digressions, j'arrive à l'exposition future.

L'opportunité de cette nouvelle exposition a pu sembler discutable à beaucoup de bons esprits. Les Anglais ne font plus d'expositions internationales ; de 1862 à 1889, ils compteront vingt-sept ans de repos. Eh bien ! cela m'inquiète, parce que nos voisins sont des industriels consommés, et qui ne se trompent guère lorsqu'il s'agit de leurs intérêts. J'en augurerais que les expositions des autres peuvent être utiles, et qu'on court risque de perdre quelque chose à ses propres expositions. Mais, comme il s'agit en 1889 d'une œuvre avant tout patriotique, comme une décision gouvernementale est intervenue, nous n'avons plus qu'à prendre nos mesures pour que l'Exposition soit un triomphe. Dès que ce sont les plis du drapeau de la France qui se déploient, il n'y a qu'à aller sous le drapeau, chacun à son poste, et à se dévouer de son mieux. C'est ce que nous ferons tous sans arrière-pensée. (*Bravo! Bravo! Applaudissements unanimes.*)

Mais il est temps encore de discuter, de présenter des vœux ou des souhaits, des idées ou des plans pour que cette exposition internationale, qu'elle soit ou non la dernière, laisse une trace indélébile derrière elle et accompagne dignement le centenaire historique qu'elle est destinée à fêter.

Nous voudrions d'abord qu'elle fût, sous le contrôle de l'État, une manifestation éclatante de la puissance de l'initiative privée. Il me paraît impossible de ne pas trouver en France, aussi bien qu'en Angleterre, malgré les différences que nous connaissons tous, un noyau solide de noms illustres, de grands administrateurs, de manufacturiers considérables, souscrivant le capital de garantie, nommant un comité qui se joindrait à la commission officielle dans des conditions faciles à déterminer, assumant énergiquement et fièrement la responsabilité de l'œuvre, et assuré d'un bénéfice convenable si l'entreprise est habilement conduite.

Nous ne pourrions qu'applaudir à une pareille tentative, nous tous qui tenons depuis si longtemps pour certain, que l'État ne doit faire que ce que les particuliers ne peuvent pas faire aussi bien que lui, et que sa mission doit se borner à un contrôle ferme et bienveillant à la fois, et aux impulsions nécessaires dans un pays où la centralisation a poussé des racines si profondes que la vie de la nation y semble attachée.

Du moment qu'il s'agit d'initiative privée, il faut des bénéfices ; les dépenses doivent donc être limitées et soigneusement réfléchies.

Il faut, de plus, au point de vue spécial du centenaire, que le visiteur sérieux puisse emporter de l'exposition une impression durable, un surcroît d'instruction, un plaisir élevé. Il faut, au point de vue des intérêts de la ville de Paris et des organisateurs responsables, que le visiteur banal ou, si vous aimez mieux, le visiteur ignorant soit attiré par l'éclat, la variété, les bigarrures, les spectacles, les amusements, les fanfares de l'exposition.

De là, la nécessité absolue de la partager en deux groupes distincts.

Le premier groupe restreint renfermerait les machines, les beaux-arts et les arts libéraux.

Le Palais du Trocadéro, dont on pourrait élever les ailes et dont l'aspect gagnerait beaucoup à ce complément, resterait le palais des beaux-arts de

l'exposition. Si l'espace manquait, on pourrait y ajouter quelques annexes peu coûteuses à établir.

Il suffirait donc de bâtir au Champ de Mars, pour les machines en repos ou en mouvement, un palais en fer, de proportions limitées, qu'on ornerait facilement à l'aide de faïences émaillées à teintes vives, admirablement appropriées à ce but.

Un palais intermédiaire, très simple comme construction, pourrait constituer le domaine des arts libéraux et de grand luxe.

Pour l'admission des machines, des peintures, des sculptures et des objets d'art, formant le groupe restreint, on se montrerait très sévère; on n'admettrait que des spécimens parfaits des différentes industries et des chefs-d'œuvre artistiques. On composerait donc à la fois un musée des machines les plus remarquables dans chaque branche, utilisées *aujourd'hui* dans le monde entier, et un musée des tableaux et des sculptures qui se sont trouvés à la tête des expositions particulières *depuis un siècle ;* car l'art change, sans vieillir comme les machines.

Pendant la semaine, il faudrait prendre un ticket pour la galerie des machines, un pour le palais des beaux-arts et un pour celui des arts libéraux. Ce n'est pas la foule qui se porterait là; mais tous les visiteurs sérieux y viendraient, et l'on n'y perdrait rien, au contraire. Seulement, pour conserver à l'exposition le caractère de sociabilité générale que la France a toujours tenu à honneur d'adopter, l'entrée serait gratuite tous les dimanches.

Le deuxième groupe serait, pour ainsi dire illimité ou, du moins, ne serait limité que par l'espace disponible accordé par la ville de Paris. Ce deuxième groupe formerait en réalité une ville dans une ville. Nous nous rallions ici à une idée très heureuse émise par M. Berger dans le rapport qu'il a adressé le 6 août dernier à M. le ministre du commerce. M. Berger pense qu'on pourrait créer une espèce de ville commerciale, où les différents îlots, les différentes rues appartiendraient aux nations étrangères concourant à l'exposition. Les exposants de ces nations établiraient à leur gré leur exposition, à la seule condition de reproduire dans son aménagement l'aspect même et le caractère de leurs magasins, entrepôts ou ateliers nationaux. C'est l'idée de la rue des Nations en 1878, généralisée et agrandie. Au lieu d'une façade russe, anglaise, belge ou suédoise, on aurait l'intérieur, le *home* de chacun, la vie industrielle prise sur le fait, transplantée et se continuant sous notre ciel.

On conçoit aisément combien cette ville cosmopolite, remplie des marchands de tous les pays, serait curieuse à visiter; combien son aspect pourrait varier pendant les longs mois d'exposition; quels sujets d'étonnement, de réflexions et d'études plus ou moins superficielles, elle offrirait aux visiteurs ignorants, mais intelligents ! On passerait de la rue de Suisse à la rue d'Italie, de la rue d'Angleterre à la rue de Suède, etc. Ce serait faire le tour du monde, non plus en quatre-vingts jours, mais en quatre ou cinq heures.

Le projet de M. Berger, que nous n'hésiterions pas à appuyer si nous avions voix au chapitre, donne le moyen de faire quelque chose de nouveau et de mettre, d'une manière commode, dans tout leur jour, les différences et les analogies des industries courantes et de la vie de travail, de la vie économique, dans tous les pays.

Cette ville improvisée et multiple devrait pouvoir être visitée aussi pendant la soirée. Il y aurait, par conséquent, pour elle, des entrées payantes du jour et de la soirée, et l'on augmenterait un peu celles de la soirée. La question d'éclairage prend ici une grande importance; mais je la laisse de côté, parce que la Société recevra, à ce sujet, dans sa prochaine séance, une très intéressante et curieuse communication.

Vous voyez que, au point de vue budgétaire, l'on émettrait des tickets séparés pour l'entrée dans les trois palais et dans la ville commerciale. Tout serait d'ailleurs public le dimanche, mais seulement dans la journée. En revanche, la compagnie de l'exposition se chargerait des principales dépenses d'installation dans les trois palais et contribuerait, suivant une proportion à déterminer, aux dépenses d'éclairage spécial et de fourniture d'eau incombant aux habitants de la ville commerciale.

On afficherait, dans cette ville, les prix exacts de tous les objets exposés, et les exposants auraient le droit de les vendre aux prix affichés, en les renouvelant constamment au fur et à mesure des ventes. Il n'y aurait pas de ventes directes dans les trois palais. On ne remplace pas une locomotive comme on remplace un pain de savon.

M. Berger propose que la Compagnie de l'exposition vienne prélever un tant pour cent sur toutes les ventes de la ville commerciale; ce qui augmenterait ses bénéfices et la mettrait sans doute à l'abri de toute chance de perte. Ici, je me sépare de lui, parce que je crois qu'on n'aurait rien d'exact. Il est bien difficile de voir ce qui entre ou ce qui sort par une porte. Pour les dentelles, par exemple, qui empêchera une femme de franchir le seuil, avec son jupon ouaté de précieuses malines? Peut-on établir une douane? Que deviendrait la courtoisie française? Nous aimerions beaucoup mieux louer aux enchères, à partir d'un certain minimum aussi élevé que possible, les différents terrains affectés à l'Exposition commerciale, ce qui éviterait toutes difficultés de perception et permettrait de réaliser immédiatement le juste bénéfice désiré.

Nous croyons qu'en adoptant les vues que je viens d'esquisser devant vous, on obtiendrait un spectacle grandiose dont tout le monde pourrait être satisfait, puisqu'il ne manquerait rien aux études sérieuses, ni aux distractions moins hautes, et que ces deux ordres d'attrait seraient complètement séparés, de manière à ne pas se gêner et à se prêter au contraire un mutuel appui.

Il y a bien des détails à étudier dans une pareille entreprise. Je ne vous ai soumis, Messieurs et chers confrères, qu'une idée générale, une idée d'ensemble, qui ne m'appartient qu'à moitié. Car, si j'étais dès le jour où l'on a parlé de l'exposition de 1889, partisan absolu d'un éclaircissement néces-

saire dans cette forêt inextricable des dernières expositions et d'une séparation formelle entre les créations sérieuses et fondamentales et les choses, intéressantes sans doute en beaucoup de points, mais plus ou moins futiles sous d'autres faces, je n'avais pas songé à l'idée très ingénieuse qui appartient à M. Berger, l'ancien directeur des sections étrangères, en 1878, et le président de la Société des Électriciens, de la fondation spontanée d'une ville de commerce, réunissant tous les produits courants et tous les types d'exploitation, dans des conditions d'aspect pittoresque et artistique.

Pour cette ville, je proposerais un nom qui ferait peut-être fortune. Tant mieux! cela viendrait de la Société des Ingénieurs civils. Je crois qu'on pourrait l'appeler *Paris-Philadelphie*, c'est-à-dire Paris, la ville des amis. On partirait du Gros-Caillou, de Vincennes, de la Bastille, de la Chaussée-d'Antin, et l'on dirait : Je vais à Philadelphie. — Ne serait-ce pas aimable, bien que trop éphémère?

Mais je me reprocherais, avant de terminer, de laisser dans l'ombre un des plus grands côtés des expositions universelles.

Vers la fin du quinzième siècle, l'Amérique n'était pas découverte, on ne savait presque rien de l'Afrique, les côtes seules de l'Asie étaient connues. Lentement, la race européenne a acquis une force d'expansion extraordinaire qui s'est traduite par une véritable avalanche au dix-neuvième siècle — pardonnez-moi l'expression. Le Nouveau Monde, émergeant pour ainsi dire, a gagné un poids énorme. L'Australie déserte est devenue un continent civilisé, où l'on retrouve l'Europe avec un accroissement de population et de richesse nulle part surpassé. L'Asie, malgré ses résistances, s'ouvre peu à peu. L'Inde entière est aux Anglais; le Japon a abaissé ses barrières; la Chine, entamée par la Russie au Nord, nous oblige à l'étreindre au midi.

C'est ainsi que semble se préparer une intimité de rapports ou, du moins, des contacts de plus en plus sensibles entre les différentes races qui peuplent le monde.

Les chemins de fer, la navigation à vapeur, la télégraphie électrique, les nouvelles routes marines, grandes conquêtes de ce siècle, ont hâté, facilité, amené ces rapprochements dans une proportion extraordinaire. La solidarité des peuples sur notre planète s'affirme de plus en plus; et nous comprenons, sans les partager, les rêves humanitaires d'harmonieuse concorde pleins d'idéale grandeur, où l'on oublie trop la faiblesse de notre nature et la violente poussée des intérêts : ils divisent les familles, comment ne diviseraient-ils pas les peuples?

Des faits autrefois inconnus n'en prouvent pas moins la solidarité que nous indiquons. La soie française est frappée par la maladie des vers à soie : le Japon nous fournit sa graine, seule exempte de maladie, et nous pouvons essayer de régénérer notre production. La houille, dont la disparition nous inquiète en Europe, apparaît dans le Nouveau Monde. C'est au

Groenland qu'il faut aller chercher le meilleur minerai propre à la préparation de l'aluminium, etc.

Mais il y a d'autres moyens que les chemins de fer, la navigation, la télégraphie, pour amener la terre à une certaine unité en multipliant, en simplifiant les rapports et les échanges.

Ne devrait-on pas rendre uniforme, sans plus tarder, cette sorte de langage universel, scientifique, industriel ou commercial, exprimé par les poids et mesures, par les monnaies et par l'écriture. De même, il serait utile d'établir l'unité de calendrier et de compter partout les longitudes à partir du même méridien. Il semble que rien ne soit plus simple. Et, pourtant, l'unité seule des poids et mesures a pu jusqu'ici triompher. Certainement, c'est l'exposition universelle de 1867 qui a amené cet heureux résultat. L'adoption générale du système métrique est aujourd'hui un fait virtuellement accompli. Tous les principaux gouvernements sont d'accord, et ce n'est plus qu'une affaire de temps pour que la pratique réponde entièrement à la sanction théorique et administrative.

Nous devons faire des vœux pour que l'exposition de 1889 amène à son tour l'unification si importante des monnaies et l'adoption d'un calendrier et d'un méridien communs par tous les peuples civilisés. Ce serait pour elle un grand titre d'honneur.

Il serait plus difficile de faire consentir à des caractères d'écriture identiques. Un peuple s'affirme par son écriture comme par sa langue. Les Russes, les Allemands, les Turcs, les Arabes, les Chinois, conserveront longtemps encore leur mode d'écriture, bien que les Allemands commencent à abandonner le fatigant caractère gothique, auquel beaucoup d'entre eux doivent leur mauvaise vue.

Une langue universelle serait à désirer; mais nous ne croyons pas qu'on parvienne jamais à faire un choix. Une langue morte, comme le latin, pourrait seule réussir, puisque aucune jalousie, aucun orgueil national ne serait en jeu. Mais, précisément, on bat en brèche d'une façon formidable l'étude du latin, et on ne l'a jamais si mal su.

M. de Candolle, associé étranger de notre Académie des sciences, examine cette question dans un ouvrage fort intéressant[1].

Il remarque qu'aux dix-septième et dix-huitième siècles, on aurait pu facilement prendre le français pour cette langue universelle; car tout le monde le savait presque, à cause de sa parenté avec le latin qu'on possédait à merveille. Mais, depuis, le centre de gravité de la civilisation s'est déplacé et s'est porté vers le nord. Selon M. de Candolle, c'est à l'Anglais qu'appartiendra la prépondérance future, par suite de l'extension accélérée de la population américaine.

Pour lui, l'anglais, parlé aujourd'hui par 93 millions d'hommes, le sera dans un siècle par 450 millions; l'allemand, parlé aujourd'hui par 58 mil-

1. *Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles*. 2e édit. Genève-Bâle.

lions, le sera à la même époque par 116; et, enfin, le français, parlé actuellement par 42 millions et demi, le sera seulement par 64 millions.

Tout cela est possible. Mais M. de Candolle oublie, ce nous semble, les revirements si fréquents dans l'histoire, les colonisations, les fondations lointaines où la mère patrie implante sa langue, en même temps qu'elle y arbore son drapeau.

Et puis, il y a un autre moyen de ne pas rester trop inférieurs. Il n'y a qu'à faire des chefs-d'œuvre, qu'à accomplir de grandes choses, qu'à reprendre dans le concert du monde la place occupée jadis, en y siégeant avec plus de justice et avec plus de grandeur encore. Il y aura alors beaucoup d'étrangers qui voudront parler la langue française, et la balance sera amplement rétablie.

En attendant cette langue universelle rêvée par certains philosophes trop amoureux d'unité et de symétrie, constatons du moins que les expositions universelles ne doivent pas produire la confusion des langues comme à la tour de Babel, mais bien leur union, leur rapprochement, par l'envie mutuelle de se comprendre et de s'apprécier.

Souhaitons enfin que l'exposition de 1889, associée au centenaire de 1789, soit plus heureuse que celle de 1867, et que l'Europe — qui s'y donnera rendez-vous — comprenne, à la lumière de cette date que la Liberté humaine n'oubliera jamais, quels sont ses véritables intérêts !

Messieurs et chers confrères, j'aurais pu, dans cette enceinte, pour ce discours d'entrée, choisir un autre sujet, plus didactique, mieux approprié à vos discussions habituelles, et que vous auriez peut-être préféré. La mécanique, dans ses progrès de tous les jours ; l'électricité, dans les espérances qu'elle donne ; l'économie politique, que les questions sociales interrogent, m'offraient bien des résumés substantiels à vous présenter, bien des investigations à essayer.

Si je me suis laissé aller à vous parler des expositions en général et de l'exposition de 1889 en particulier, j'ai cédé à deux motifs.

J'ai d'abord trouvé dans nos statuts cette indication (4e de l'article 2) : « La Société a pour but de poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays. »

J'ai vu ensuite, en réfléchissant, que la profession d'ingénieur civil était née en France, à peu près à l'époque où se sont ouvertes les premières expositions. Plusieurs membres éminents, soit de l'Institut, soit de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, fondée en 1801, ne sont pas autre chose que ce que nous appelons aujourd'hui des ingénieurs civils. Je crois que je puis citer comme tels : Montgolfier, Darcet, Clément-Desormes, Molard, Christian, etc.

La profession a grandi peu à peu dans l'ombre ; elle a été fondée sur des bases solides, je dirai même inébranlables, avec l'École centrale des arts et manufactures ; elle a atteint toute son extension, à partir des expo-

sitions universelles. J'ajouterai même, à mon sens, que ces expositions, dans ce qu'elles ont de vraiment supérieur, ne pourraient pas même se comprendre sans la présence des ingénieurs civils, soit comme fabricants et exposants, soit comme collaborateurs et juges.

C'est ce parallèle qui m'a tout à fait tenté et qui sera mon excuse auprès de vous, si j'ai lassé votre attention bienveillante.

Chaque siècle porte sa marque distinctive. Au seizième siècle, c'est la renaissance des arts, des lettres et des sciences. L'artiste est tout, c'est un roi. Le savant, lui aussi, joue un rôle considérable. Il y a évidemment une république européenne des lettres et des sciences. Malgré les guerres et les dissensions, les savants de tous les pays se consultent, s'approuvent, se querellent ou s'embrassent dans la langue véritablement universelle à cette époque — et qui aurait pu peut-être utilement le rester — le latin.

Tous ces gens-là sont des libertins, comme on disait alors, c'est-à-dire en réalité les amis de la liberté!

Au dix-septième siècle, la monarchie absolue apparaît dans sa gloire. C'est une splendide façade. La France, imitée par l'Europe, est souveraine. C'est le règne de la forme et de la règle, de l'étiquette et de la symétrie, de la pompe classique. Derrière les grands seigneurs, réduits au rôle de courtisans, c'est l'administration qui gouverne et triomphe au nom du roi.

Au dix-huitième siècle, le vent de l'esprit s'élève, de l'esprit d'examen, de changement, d'amélioration. La foi au progrès, la croyance naïve et superbe en une perfectibilité sans limites, transportent tous les cœurs. C'est la plume de l'écrivain, érudit ou savant, poète ou littérateur, qui crée l'opinion, et c'est l'opinion qui mène le monde.

Vous aboutissez ainsi — d'abord, à l'encyclopédie, tentative gigantesque, qui n'est autre chose qu'une exposition universelle imprimée — puis à la Révolution de 1789, dont le centenaire s'approche et motive la nouvelle exposition.

Nous voilà au dix-neuvième siècle, après des guerres terribles et héroïques, qui ont mis longtemps le soldat au premier rang.

Après la guerre, vient la paix féconde; après le soldat, c'est le tour de l'ingénieur. Les mœurs laissent partout leur marque, et l'histoire a des points de repère dont on ne se douterait pas au premier instant.

Dans les aimables vaudevilles de Scribe, s'il les composait aujourd'hui parmi nous, ce ne serait plus, vous le savez bien, le séduisant colonel de cavalerie, promu avant trente ans, qui jouerait le rôle brillant de jeune premier, c'est l'ingénieur, le jeune ingénieur au caractère solide et ferme, qui triompherait sur toute la ligne.

Nous perçons les montagnes, nous assainissons les villes, nous supprimons les distances par la vapeur; nous transformons, pour le bénéfice du plus grand nombre et pour le bonheur de tous, je l'espère, toutes les habitudes sociales. C'est bien, mais ce n'est pas assez, nous avons une mission

plus haute encore. La matière est à nous, mais nous devons l'animer, pour ainsi dire, d'un véritable esprit de concorde et d'émancipation à la fois. La civilisation, que nous sommes en train d'édifier, ne tient pas tout entière dans des intérêts, dans des dividendes, dans des augmentations de fortune. Il faut qu'elle soit plus humaine, plus lumineuse, plus grande en un mot que celles qui l'ont précédée. Et nous y pouvons beaucoup, nous qui sommes partout directeurs, impulseurs ou intermédiaires. — Voilà le beau côté de notre profession, voilà celui que nous ne devons pas perdre de vue.

S'il en est ainsi, si je ne me trompe pas sur notre importance actuelle et sur celle des éléments que nous groupons autour de nous, il m'est permis de désirer, sans égoïsme, l'accroissement en valeur et en puissance de la société libre et indépendante qui nous représente seule aujourd'hui.

Il m'est permis de vous prier de vous associer cordialement à la propagande active que je compte faire, comme votre président, pour recruter de dignes confrères encore éloignés de nous, pour vaincre la timidité, la modestie des jeunes ingénieurs capables; pour nourrir la liste de nos communications; pour donner à notre recueil de mémoires, déjà si riche, plus d'importance encore et plus de variété s'il est possible.

Doubler notre nombre, nos ressources, notre influence, nos travaux — donner alors à la Société un hôtel, non plus digne d'elle, car notre regretté confrère Demimuid a dépensé ici beaucoup de talent, mais plus commode, plus vaste, mieux éclairé — remplir tous les jours davantage les obligations écrites dans nos Statuts. — Voilà le testament que vos présidents doivent se passer de main en main, après y avoir inscrit chacun le parcours accompli d'une étape nouvelle vers le but à atteindre : la pleine émancipation de notre profession pour le bien du pays.

Soutenu par votre unanime sympathie, je m'efforcerai de remplir tout mon devoir, qui m'apparaît comme un véritable devoir public.

C'est une maxime des anciens Celtes, que trois choses furent primitivement contemporaines : *l'Homme, la Liberté, la Lumière.* — Tâchons de rétablir cet heureux accord ou d'y parvenir, car je le crois plutôt devant nous que derrière nous. — Et, en terminant, permettez que je vous dise, en vous remerciant encore :

TOUT POUR LA VÉRITÉ, LA JUSTICE ET LA PATRIE !

M. le Président met aux voix les procès-verbaux des séances des 5 et 19 décembre.

M. Martin fait observer que M. Colladon avait pris le soin d'envoyer à la Société une dépêche pour lui annoncer la mort si triste de M. Bridel, et que cette dépêche n'a pas été mentionnée dans le procès-verbal, du 5 décembre.

M. le Président dit qu'il sera donné satisfaction à M. Martin.

M. G. Pesce demande la parole à propos du procès-verbal de la séance du 19 décembre.

La communication de M. Pesce, dont la lecture est autorisée par l'assemblée, ayant trait à une revision des statuts, sera renvoyée à l'examen du Comité, conformément à l'article 32 des statuts.

M. Dallot demande la parole pour réclamer l'ordre du jour sur la question soulevée par M. Pesce.

M. Armengaud jeune exprime une opinion toute différente et ajoute qu'il vient d'écrire à M. le Président pour le prier de soumettre, de sa part, cette même question au Comité dans les formes exigées par le règlement.

M. le Président dit qu'il a reçu, en effet, la veille, une lettre de M. Armengaud et que cette lettre sera soumise au Comité, en même temps que la communication de M. Pesce.

M. le Président annonce à la Société les nominations suivantes dans l'ordre de la Légion d'honneur.

Chevaliers : MM. Arbey, Gaget, Gouin fils et Jules Michaud.

M. Bocquet a été nommé officier d'Académie, et M. Eugène Pereire a reçu le grand cordon du Nicham.

MM. Colombier, Liottier, Mathieu, Renaudin et Revel ont été nommés membres sociétaires, et M. Violet membre associé.

La séance est levée à onze heures et quart.

Séance du 23 Janvier 1885.

Présidence de M. de Comberousse.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président remercie les membres de la Société de l'empressement qu'ils ont mis à se rendre aux funérailles de madame Fusco, sœur de notre regretté confrère, Alfred Geyler ; pour satisfaire au vœu exprimé par elle, 70 d'entre nous devaient assister à cette cérémonie, et nous nous sommes trouvés 159. Il rappelle d'ailleurs que madame Fusco n'a

pas oublié la Société dans son testament, et il pense que les espérances que nous avons pu concevoir à ce sujet ne seront pas déçues.

Le procès-verbal de la séance du 9 janvier est adopté, sous le bénéfice des observations qui suivent.

M. le Président explique pour quel motif l'incident qui s'est produit à la fin de la dernière séance n'a été mentionné au procès-verbal que par quelques lignes. La démarche de M. Pesce aurait dû être faite tout d'abord auprès du Comité. M. Pesce s'est rendu aux observations que lui a faites M. le Président sur ce point, et il a consenti à la suppression dans le procès-verbal des paroles qu'il avait prononcées. Il semblait tout naturel que cette suppression entraînât celle des remarques de MM. Dallot et Armengaud. Pourtant, ces messieurs ayant paru s'émouvoir de ce que leurs observations n'étaient pas reproduites, M. le Président est tout disposé à une rectification.

M. Dallot avait d'abord donné son assentiment, pensant que l'incident serait totalement supprimé du procès-verbal, et il croit encore que ce serait la meilleure solution; mais, puisqu'il en est fait mention, il demande que sa protestation soit insérée.

M. Armengaud croit devoir, dans ces conditions, réclamer également l'insertion de ses observations; il présente d'ailleurs à M. le Président ses remerciements sincères pour l'esprit de conciliation dont il a fait preuve dans cette circonstance.

M. le Président dit qu'il sera donné satisfaction à ces messieurs.

Il est donné lecture de la lettre suivante, de M. Bömches, membre de la Société, inspecteur en chef des chemins de fer du sud Autrichien, directeur des travaux du port de Trieste.

Monsieur le Président,

« Les travaux du nouveau port de Trieste ont été honorés de la visite d'un grand nombre de chefs de service des chemins de fer français en juin 1876.

« C'est en souvenir de cette visite gracieuse, que je prends la liberté de vous adresser, avec cette lettre, quelques documents relatifs au port, avec la prière de vouloir faire insérer le tout dans la bibliothèque de la Société.

« Les documents se composent d'une vue photographique à vol d'oiseau, d'un plan géométrique avec profils des ouvrages d'art et enfin de quelques mémoires sur les travaux publiés dans les dernières années à Vienne, à Rome et à Londres.

« Les mémoires ont pour but de compléter en quelque sorte la note sur le port, dont la lecture a été donnée par l'obligeance de M. Chabrier dans

la séance du 2 mars 1877 et qui a été publiée dans le compte rendu de la Société.

« Je me borne à la communication que l'achèvement du port a eu lieu à la fin de 1883, et je me réserve la perspective agréable de donner personnellement des renseignements ultérieurs, dans l'espoir de pouvoir réaliser un voyage à Paris projeté pour le printemps prochain.

« En remerciant MM. les membres de la Société des Ingénieurs civils de l'intérêt qu'ils ont bien voulu prendre au port de Trieste et qu'ils ont témoigné par la visite des travaux en 1876, je vous prie, Monsieur le Président, d'agréer l'expression de ma considération la plus distinguée.

« *Le membre de la Société des Ingénieurs civils, Inspecteur en chef des chemins de fer du Sud, Directeur des travaux du port,*

« A. Bömches. »

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Bréval, le constructeur bien connu.

« Monsieur le Président,

« Nous avons l'honneur de vous informer que l'*Association des Inventeurs et Artistes industriels*, créée par le baron Taylor, en 1849, s'inspirant des idées de son illustre fondateur, inaugure, pour l'année 1885, une Exposition des inventions brevetées en France, qui se tiendra au Palais de l'Industrie de juillet à novembre.

« Cette Exposition, à laquelle ne seront admises que les inventions brevetées depuis le 1er janvier 1870, et qui constituera une classe spéciale et autonome dans l'Exposition du Travail qui aura lieu à la même époque, au Palais de l'Industrie, a pour but de mettre en évidence les innovations récemment apportées aux diverses branches de l'industrie, et de fournir ainsi aux inventeurs la possibilité de faire connaître et apprécier leurs travaux, en leur facilitant la mise en valeur de leurs inventions.

« Permettez-nous d'espérer, Monsieur le Président, que vous apprécierez le but d'intérêt général auquel répond cette Exposition, et qu'elle peut être assurée de votre bienveillant concours.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de notre considération distinguée.

« *Le Commissaire-délégué,*

« Bréval. »

M. le Président ajoute que le Règlement de l'Exposition projetée sera tenu, au Secrétariat, à la disposition des membres de la Société.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante de M. le Ministre de l'Instruction publique et des beaux-arts.

« Monsieur le Président,

« Vous n'ignorez pas que le Comité des travaux historiques et scientifiques comprend, depuis l'arrêté du 12 mars 1883, une section des sciences économiques et sociales.

« Cette section, tenant à provoquer l'envoi de communications qui pourraient être insérées ou analysées dans son « *Bulletin*, » a résolu de soumettre à l'attention des travailleurs plusieurs sujets d'étude que j'ai l'honneur de vous transmettre.

« Je désire vivement, Monsieur le Président, que la publicité la plus grande soit donnée à ce document, et je vous serai reconnaissant de le faire connaître à votre Société, non seulement dans sa plus prochaine séance, mais par tous les moyens en votre pouvoir.

« Recevez, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération très distinguée.

« *Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,*

« *Signé :* A. Fallières. »

M. le Président pense que l'insertion de cette lettre dans notre procès-verbal est la meilleure manière de donner satisfaction à la demande de M. le Ministre. Il appelle l'attention sur les sujets d'étude recommandés par la section des sciences économiques et sociales, et dont deux notamment — l'*Histoire d'un domaine rural*, et les *effets économiques d'une nouvelle voie de communication* — peuvent tenter quelques membres de la Société; car ils rentrent essentiellement dans nos spécialités.

Le programme adressé par M. le Ministre sera d'ailleurs inséré intégralement dans le *Bulletin* de janvier.

M. Gillot demande la parole sur l'ordre du jour de la séance.

M. le Président serait heureux que M. Gillot voulût bien ne pas présenter en ce moment d'observations sur l'ordre du jour; il ne lui refusera pourtant pas la parole.

M. Gillot rappelle que, sous la présidence de M. Marché, il avait présenté à la Société un mémoire dont il voulait lui donner communication. Par des circonstances qu'il n'a pas à apprécier, cette communication n'a pu être mise à l'ordre du jour qu'à la fin de la présidence de M. Martin. Il est fort étonné de voir son nom actuellement supprimé de l'ordre du jour. Il tient à dégager sa responsabilité, et à faire savoir qu'il n'est pour rien dans ce retard ; il demande que sa communication passe en première ligne.

M. le Président regrette que M. Gillot l'ait mis dans l'obligation de lui

fournir devant l'assemblée des explications sur ce sujet. M. Gillot n'a pu passer pendant la présidence de M. Marché, et il n'a été porté sur la liste des communications qu'à la fin de la présidence de M. Martin. M. le Président ne veut en tirer aucune conclusion ; mais il est de règle que le Président doit prendre connaissance des communications avant d'en autoriser la lecture; c'est son devoir et c'est son droit absolu. Or, M. le Président s'est entendu avec M. Bourdais, relativement au travail dont notre confrère a bien voulu réserver la primeur à la Société, huit jours avant d'avoir entre les mains le mémoire de M. Gillot, qu'il n'a pu encore parcourir. M. le Président avait d'ailleurs prévenu par lettre, et très courtoisement, M. Gillot de la situation, en lui promettant d'examiner son travail et en l'assurant de son désir de lui être agréable. C'est ce qu'il répète publiquement aujourd'hui, en ajoutant que si ce travail remplit les conditions voulues pour une communication, il passera le plus tôt possible. S'il en était autrement, M. le Président soumettrait la question au Comité.

M. Quéruel regrette les changements brusques introduits dans l'ordre du jour.

M. le Président n'a d'autre réponse à faire que de rappeler les observations qu'il vient de présenter.

M. le Président annonce le décès de M. Legris, constructeur.

Il fait part de la nomination de M. Lantrac comme commandeur de l'ordre du Takovo de Serbie et de celle de M. Boutmy (Charles) comme chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique.

M. le Président donne la parole à M. Bourdais pour sa communication sur son projet de phare électrique de 300 mètres de hauteur.

(Le mémoire de M. Bourdais devant être inséré *in extenso* dans le Bulletin de janvier, nous ne donnons ici qu'un résumé succinct de sa communication).

M. Bourdais explique comment il a été conduit, sur la demande de M. Sébillot, ingénieur civil, à étudier le moyen de porter à une grande hauteur un foyer très intense de lumière électrique. Les expériences récentes sur le transport des grandes énergies électriques semblent marquer l'opportunité d'un pareil essai, et l'exposition de 1889 offre la possibilité d'en faire une prochaine application à l'éclairage de notre capitale. M. Sébillot décrira tout à l'heure ses propres appareils, ainsi que l'application spéciale des miroirs paraboliques dont l'idée appartient à M. Bourdais; pour lui, il se réserve de traiter seulement le problème du pylône de 300 mètres, destiné à porter cet immense foyer lumineux.

La limite de hauteur à laquelle on pourrait élever un pylône de différents matériaux, en ne tenant compte que de leur écrasement, est fort élevée; mais la considération de l'effort du vent vient diminuer cette limite, et c'est à cette action qu'il faut principalement avoir égard.

M. Bourdais examine donc successivement les relations d'équilibre qui existent, pour diverses formes de solides, entre leur poids et l'effort du vent, en tenant compte de la condition imposée par la résistance des matériaux, au point de vue du passage de la résultante de ces deux forces, passage qu'il fixe à un quart de la largeur de la base, par rapport à l'arête la plus voisine. Il admet pour effort du vent celui de 300 kilogrammes par mètre carré, qui peut être considéré comme un maximum.

En étudiant d'abord le prisme à base carrée, il trouve que, plus la hauteur absolue sera grande, plus on pourra diminuer le rapport de la largeur de la base à la hauteur, c'est-à-dire plus la forme du prisme pourra être élancée; ce qui s'explique en réfléchissant que le cube ou le poids augmente plus rapidement que la surface, ou la section méridienne perpendiculaire à la direction du vent, c'est-à-dire que l'effort du vent lui-même.

Au point de vue de la nature des matériaux, en adoptant des chiffres moyens, on trouve que le poids du fer nécessaire dans le cas d'un pylône métallique coûterait 7 fois et demi plus cher que celui exigé par la maçonnerie.

Les conclusions relatives au prisme s'appliquent aussi à la pyramide à base carrée, car pour ces deux solides de même base, il y a compensation exacte entre l'abaissement du centre d'action du vent et la diminution de surface d'une part, et la diminution de poids d'autre part.

M. Bourdais examine ensuite le tronc de pyramide, à un point de vue tout à fait général, c'est-à-dire en supposant que la base supérieure puisse varier depuis zéro jusqu'au point d'égaler et même de surpasser la base inférieure. Il trouve alors que, entre la stabilité de la pyramide complète et du prisme, déjà établie, se place une *stabilité minimum*, correspondant au rapport 0,35 du côté supérieur au côté inférieur. Au delà du prisme, c'est-à-dire pour la base supérieure plus grande que la base inférieure, la stabilité grandit indéfiniment. La raison de cette conclusion est celle déjà indiquée plus haut; mais pour se rendre bien compte de ce résultat, en apparence paradoxal, il ne faut pas perdre de vue que la comparaison porte sur des solides dont la base inférieure et la hauteur *restent constantes*.

M. Bourdais a fait l'application de ses formules aux obélisques égyptiens, et, chose curieuse, il a trouvé dans chaque cas, que le côté inférieur calculé d'après les conditions ci-dessus énoncées, et celui exécuté, ne diffèrent entre eux que d'un petit nombre de centimètres ! Ce résultat surprenant tendrait à faire supposer que les formules algébriques n'étaient pas inconnues des Égyptiens; dans tous les cas, il est de nature à inspirer toute confiance relativement au coefficient de 300 kilogrammes par mètre carré, adopté pour l'effort du vent.

M. Bourdais poursuit son étude sur le cylindre et le cône évidés, en affectant du facteur $\frac{2}{3}$ la section méridienne normale à la direction du vent. Ses remarques principales concernent : la constance du cube total de l'ouvrage,

pour une même hauteur et une même densité, et la constance de l'épaisseur moyenne pour un même rapport de la hauteur au diamètre de la base, et une même nature de matériaux.

Il termine enfin cet examen par celui du tronc de cône évidé, soit la forme des cheminées d'usines : il arrive à des conclusions analogues à celles qui précèdent. Il trouve également que le poids de l'œuvre est constant, quelle que soit la nature des matériaux. Relativement aux prix correspondants des matériaux, l'avantage reste encore de beaucoup à la pierre, à peu près dans le même rapport que celui déjà indiqué.

L'application de ces dernières formules a été faite à deux cheminées d'usines exécutées : l'une de 132 mètres, la plus haute connue, dans laquelle le cube réel est à peu près le même que le cube calculé ; l'autre, de 65 mètres, a une épaisseur sensiblement inférieure à celle indiquée par le calcul. Elle a pourtant résisté, ce qui donne toute garantie pour les formules en question.

La conclusion de ce dernier examen semblerait être qu'il faut s'éloigner le plus possible de la forme cylindrique ; mais M. Bourdais fait intervenir ici des considérations de perspective qu'on ne peut négliger au point de vue esthétique.

Il compare un pylône en pierre de 300 mètres environ, presque cylindrique, et un pylône en métal de même hauteur à large base, en tenant compte de la valeur du terrain occupé dans Paris. Ce dernier reviendrait sept fois plus cher, ou, dans les plus mauvaises conditions, cinq fois plus cher que le premier.

Après avoir fait ses réserves sur la loi de répartition des pressions de Bélanger, qu'il croit plutôt pessimiste, M. Bourdais donne les conclusions de son étude théorique, et indique quelles modifications elles doivent subir pour satisfaire encore aux conditions d'esthétique générale qui s'imposent, lorsqu'il s'agit d'édifier une œuvre d'art dans une ville artistique comme Paris.

Il décrit donc son projet, dont le squelette est une colonne creuse en granit qui pourra défier l'œuvre dévastatrice du temps ; elle a la hauteur indiquée, un diamètre moyen de 18 mètres et un vide intérieur de 8 mètres ; elle est surmontée du phare électrique et du génie de la science, dont la tête est à 360 mètres au-dessus du sol ; il indique la forme adoptée au point de vue de la perspective, la disposition de la plate-forme, l'élargissement de la base pour répartir la pression sur le sol, où elle est seulement de 5 kilogrammes par centimètre carré, alors qu'elle atteint 42 kilogrammes dans le corps de l'ouvrage, dans les cas les plus défavorables ; l'entourage métallique servant à la décoration ; enfin l'utilisation et l'aménagement des différentes salles et chambres intérieures du monument desservi par des ascenseurs, dont notre confrère, M. Édoux, a étudié les principales conditions d'établissement.

M. Bourdais termine, en indiquant les différents emplacements, voisins

du centre géométrique de Paris, qui lui paraissent réaliser les conditions voulues, et exprime le vœu que les quelques notions qu'il vient d'apporter puissent être utiles pour résoudre ce double problème scientifique et artistique, d'un monument indestructible, qui doit laisser aux générations futures le souvenir du centenaire de l'ère de la liberté, et de l'appel adressé par la France aux peuples de tout l'univers.

M. le Président remercie M. Bourdais de l'étude si curieuse et si intéressante qu'il vient d'exposer. Il donne la parole à M. Sébillot, dont la communication forme le complément naturel de celle de M. Bourdais, au point de vue de l'utilisation spéciale du monument qui vient d'être décrit

M. Sébillot expose d'abord l'historique du projet, qui remonte à l'année 1881 : ce projet, décrit dans une brochure et un brevet du 19 juillet 1881, comprenait l'établissement d'une tour en fer de 300 mètres à élever à la place du pavillon central des Tuileries, avec un appareil d'éclairage de 2,000,000 de carcels, ascenseurs à air comprimé, et réflecteur à double courbe parabolique.

M. Bourdais, avec qui M. Sébillot a, depuis cette époque, poursuivi la question, a, comme on l'a vu, substitué, d'accord avec lui, à une colonne en fer un monument en granit, ayant le caractère artistique nécessaire pour la ville de Paris.

Après ces quelques détails préliminaires, M. Sébillot passe à l'examen du projet d'éclairage; il expose que, pour un éclairage à un seul foyer à grande hauteur, il faut surexciter l'intensité lumineuse, le reproche fait à la lumière électrique d'être aveuglante n'ayant plus ici de raison d'être, et devenant, au contraire, une qualité nécessaire.

Comme il est déjà établi que l'on peut obtenir une puissance lumineuse de 250 carcels par cheval, il suit de là que, en comptant $1^{k},50$ de houille par cheval et par heure, on peut obtenir pour $0^{f},045$ une quantité de lumière égale à 320 becs de gaz dépensant 32 mètres cubes de gaz à l'heure.

M. Sébillot en conclut qu'à dépense égale, on peut, par la concentration en foyers puissants, déverser une quantité de lumière par l'électricité plus de cent fois supérieure à celle du gaz.

Il propose d'établir 100 lampes de 20,000 carcels chacune, analogues à la lampe Brush de cette puissance qui a fonctionné à l'Exposition d'électricité.

Il décrit ensuite son système de réflecteur, basé sur le principe de répartir d'une manière égale la lumière sur tous les points de la surface; c'est une surface de révolution ayant un lieu focal occupé par les lampes, et qui, en coupe, représente une courbe voisine de la parabole, mais tracée par points suivant une épure ci-après décrite.

M. Sébillot pense que la lumière se diffusera de manière à ne laisser

aucun point dans l'obscurité; toutefois, l'éclairage serait complété par un système de projecteurs et réflecteurs établis d'après une étude sur les effets de l'éclairage par le foyer général.

Viennent ensuite les calculs sur la puissance lumineuse à donner pour éclairer la ville de Paris.

M. Sébillot cite divers exemples d'éclairage sur pylônes en Amérique, notamment l'éclairage de Madison-square et Union-square à New-York dont il constate les bons résultats, celui de la ville de Denver éclairée par 4 pylônes portant des lampes à 90 mètres de hauteur, éclairage dans lequel la puissance est insuffisante, mais qui n'en est pas moins très intéressant, comme premier essai d'éclairage d'une ville entière.

Pour l'éclairage de Paris, la base adoptée est de permettre la lecture d'un imprimé jusqu'aux fortifications.

De calculs comparatifs, l'auteur déduit qu'il faudrait une puissance de 1,143,000 carcels pour produire ce résultat : il propose de porter ce chiffre à 2,000,000 afin de rester au-dessus des conditions à réaliser et de parer à certaines irrégularités.

Quant à la hauteur de 300 mètres adoptée, elle est nécessaire pour un éclairage puissant : cette hauteur donne un angle de 15° au boulevard des Capucines et de 3°,5 aux fortifications; l'auteur pense que l'éclairage serait encore meilleur si la hauteur était plus considérable, et ajoute que cette hauteur est limitée plutôt par la résistance des matériaux que par les conditions mêmes de l'éclairage, qui serait d'autant meilleur que le foyer serait plus élevé.

M. Sébillot donne ensuite quelques détails sur l'épure du réflecteur : en prenant la section du réflecteur, la courbe est formée de 2 branches laissant un angle de 30° pour le passage de la lumière directe : la proportion de la lumière réfléchie à la lumière directe est à peu près comme 4 : 1 ,ce qui montre toute l'importance du réflecteur.

La branche inférieure forme écran pour la partie centrale qui, sans cela, recevrait trop de lumière, et ne reçoit ainsi que de la lumière réfléchie.

Quant à la distribution de lumière, le cercle formé par l'enceinte de Paris, est divisé en 24 zones d'égale surface par des cercles concentriques, et la courbe est tracée de manière que chacune de ces zones corresponde à une quantité angulaire égale : à cet effet, un cercle est tracé avec le foyer comme centre : déduction faite des 30 degrés d'ouverture, le complément est divisé en 24 parties égales correspondant aux 24 zones sur le terrain, et l'épure est tracée en partant de la branche du bas qui renvoie les rayons à la distance maximum jusqu'à la branche du haut, dont l'extrémité renvoie les rayons verticalement; pour chaque zone, le rayon réfléchi est tracé, la normale détermine une tangente dont la réunion forme une courbe continue.

De cette manière, on réalise les effets suivants : dans le rayon de 1 kilomètre, 100, la quantité de lumière déversée est de $\frac{34}{1000}$ de bec carcel par mètre carré : après un relèvement dû à l'action de la lumière directe, cette quantité va en décroissant suivant une courbe donnant le diagramme d'éclairage jusqu'au minimum de $\frac{17}{1000}$ de carcel.

Cette quantité réalise bien au delà de ce qui est nécessaire pour lire un imprimé, car un bec de gaz qui permet de lire à la surface d'une sphère de 5 mètres de diamètre n'envoie sur une surface de 1 mètre carré de cette sphère que $\frac{2,3}{1000}$ de carcel, c'est-à-dire moins de $\frac{1}{7}$ de la quantité minimum fournie à chaque mètre carré par l'éclairage par un seul foyer.

Comme conclusion, la lumière totale du gaz pour l'éclairage public est aujourd'hui d'environ 77,000 carcels, tandis que ce foyer lumineux fournirait 2,000,000 de carcels, avec une dépense de beaucoup inférieure.

En terminant, M. Sébillot signale la possibilité d'utiliser les chutes d'eau des barrages autour de Paris et fait remarquer que ce projet soulève des questions très nombreuses au point de vue de la construction, de la mécanique et des diverses branches de l'art de l'ingénieur.

M. le Président remercie M. Sébillot de son intéressante communication. Il pense que la discussion qui pourra s'élever à propos du travail de M. Bourdais et de celui de M. Sébillot sera remise utilement à une prochaine séance, lorsque les membres de la Société auront pu prendre une plus ample connaissance du projet présenté.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

MM. Brulé, Delaunay, Feraud, Lambert, Sordoillet et Taillandier ont été reçus membres sociétaires.

COLONNE-SOLEIL

PROJET DE PHARE ÉLECTRIQUE

DE 360 MÈTRES DE HAUTEUR

DESTINÉ A ÉCLAIRER TOUT PARIS

CONSTRUCTION MONUMENTALE

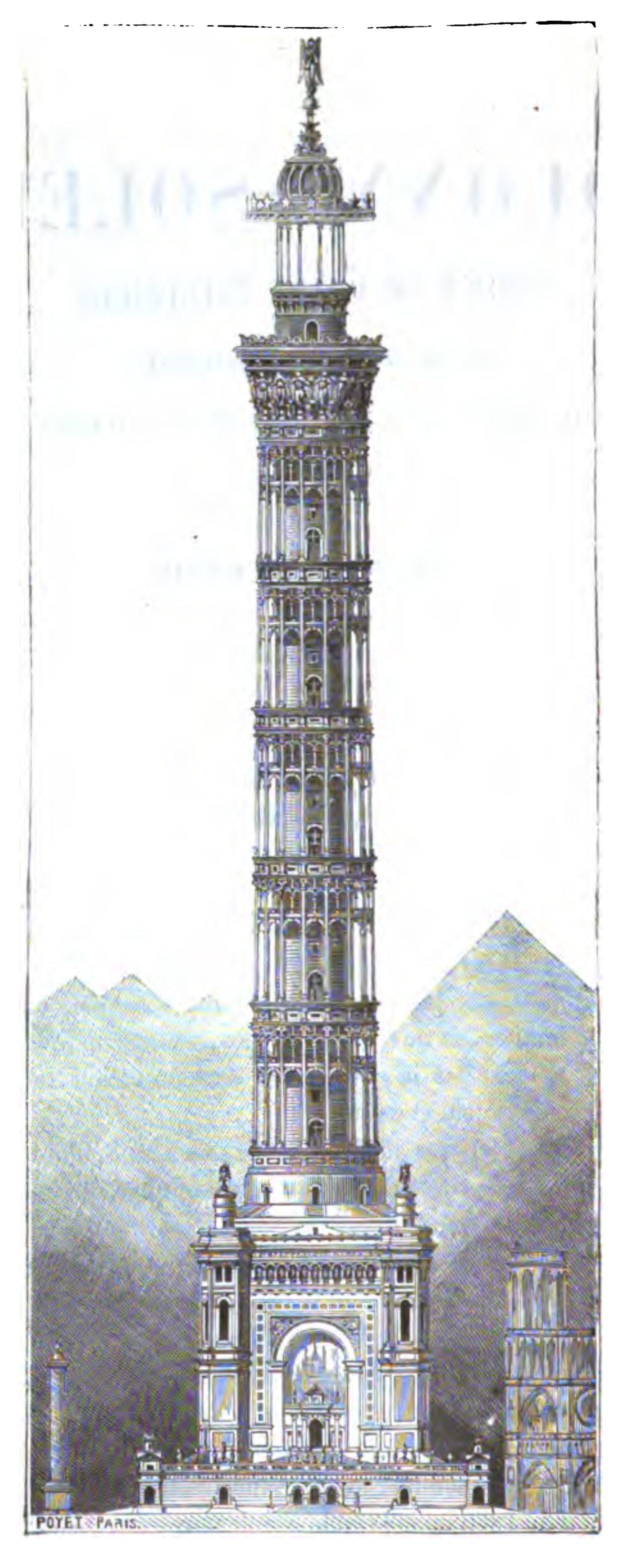
PAR M. JULES BOURDAIS

Au mois de novembre 1881, après l'Exposition d'électricité, nous fûmes conduit, sur la demande de M. Sébillot, ingénieur civil, à étudier le moyen de porter à une grande hauteur un foyer très intense de lumière électrique.

Il ressortait en effet des études faites dès cette époque, qu'à unité de lumière, les grands foyers étaient infiniment plus économiques que les petits. Il semblait donc intéressant de chercher à créer des centres importants de lumière, et de trouver le moyen d'en subdiviser ensuite les éléments, suivant les besoins de la consommation relativement restreinte de milieux peu étendus.

C'est pour cet objet que nous conseillâmes à M. Sébillot de mettre en application les propriétés des miroirs paraboliques, qui transforment les rayons divergents en rayons parallèles et permettent d'éviter les funestes effets de la loi de déperdition en raison inverse du carré de la distance qui régit ceux-là, et de porter au loin, sans perte aucune dans un air pur, l'intensité même du foyer lumineux. Nous prîmes à cet effet, avec cet ingénieur, un brevet commun à la date du 6 mai 1882 et nous attendîmes, pour publier notre travail, le retour de notre confrère parti pour l'Amérique, et surtout une occasion favorable pour qu'un projet aussi gigantesque pût sembler avoir chance d'être exécuté.

L'Exposition de 1889 nous semble devoir faire naître cette occasion;



PROJET DE PHARE MONUMENTAL POUR LA VILLE DE PARIS
Par M. Jules Bourdais, architecte du palais du Trocadéro.

les expériences qui se poursuivent au chemin de fer du Nord sur le transport des grandes énergies électriques semblent également marquer l'heure venue pour mettre en pratique sur une immense échelle les merveilleux effets de l'électricité.

Nous laisserons à M. Sébillot le soin de décrire, et ses appareils particuliers d'éclairage et ceux qui nous sont communs avec lui; nous ne voulons traiter ici que le problème relatif aux dimensions à donner aux édifices de très grandes hauteurs destinés à porter ces foyers immenses, sortes de soleils descendus sur la terre et maintenus à la hauteur de 300 mètres.

Cette hauteur nous a paru, en effet, très largement suffisante pour dominer suivant un angle de visée convenable, non seulement les plus hauts édifices de Paris, mais encore les divers mouvements naturels du sol, sauf les Buttes-Montmartre et Chaumont. Encore notre système de miroirs permet-il de franchir ces hauteurs, en brisant les rayons sur des réflecteurs disposés *ad hoc*, pour éclairer au delà de ces rideaux naturels, comme nous projetons d'éclairer les façades mêmes des maisons qui tournent le dos à notre phare central.

Mais revenons à la construction proprement dite du pylône de 300 mètres.

La première question qui se pose est celle-ci : Quelle est la limite de hauteur à laquelle on peut élever un pylône de différents matériaux sans que ceux-ci s'écrasent sous leur propre poids ?

Supposons la forme pyramidale. Le poids d'une pyramide à base carrée est exprimé par $P = D^2 \frac{h}{3} \delta$;

la résistance est $R = \frac{P}{D^2}$,

d'où, en remplaçant P par sa valeur,

$$R = \frac{1}{3} h \delta \quad \text{ou} \quad h = \frac{3R}{\delta}.$$

Si l'on prend pour valeur limite de R le 1/6 de la charge qui produit l'écrasement du fer et le 1/20 pour les différentes natures de pierre, on peut dresser le tableau suivant :

DÉSIGNATION	R	δ	H
			mètres.
Porphyre	2.470.000	2.870	2.550
Fer	6.000.000	7.800	2.280
Granit	800.000	2.700	900
Liais de Bagneux	440.000	2.400	540
Roche de Saint-Nom	230.000	2.300	300
Banc royal	60.000	1.700	100
Vergelé	30.000	1.500	60

Telles sont les limites pratiques auxquelles on peut élever une pyramide en différents matériaux.

On voit que les Égyptiens qui se sont arrêtés à la limite de 142 mètres pour la grande pyramide de Chéops, sont restés bien au-dessous de ces chiffres. Ils ont été bien plus hardis (nous le démontrerons plus loin) quand ils ont élevé leurs obélisques.

Si au lieu de la forme pyramidale, on emploie la forme prismatique, le poids de l'œuvre triplant pour une même base, les chiffres précédemment calculés doivent être réduits au tiers.

Nous verrons plus loin qu'il convient pratiquement de choisir une forme intermédiaire pour satisfaire le mieux possible aux données différentes du problème qui, dans une certaine mesure, se combattent mutuellement.

En effet, cette question si importante de la résistance à l'écrasement sous le poids propre des matériaux mis en œuvre n'est pas la seule qui entre en jeu ; il convient d'examiner aussi quelle sera l'action du vent sur un pylône de différentes formes.

Prisme à base carrée.

Pour que l'équilibre existe entre le poids du prisme et l'effort du vent, il faut que leur résultante passe en dedans de la base ; mais cette condition n'est pas suffisante, car, à la limite, si la résultante passait sur l'arête, celle-ci serait écrasée et, après déformation, le prisme se renverserait.

Nous nous imposerons donc comme condition que la résultante passera à une distance de l'axe central égale au quart de la largeur de

la base ; on sait que dans cette position, les 3/4 de la section seront encore intéressés à la résistance générale (nous ne croyons pas devoir rappeler ici la théorie de Belanger au sujet de la loi de répartition des pressions ; nous dirons plus loin les réserves qu'il convient de faire dans les applications).

Remarquons que le poids du prisme sera exprimé par

$$P = D^2 h \, \delta$$

Quel sera l'effort du vent? Il résulte de nombreuses expériences faites sur la vitesse et la pression du vent que le vent appelé grand ouragan possède une vitesse de 50 mètres par seconde et exerce sur un plan perpendiculaire à son action une pression de 300 kilogrammes au mètre superficiel.

On aura donc pour pression du vent :

$$V = 300^{k}\, h\, D$$

Mais la condition que nous nous sommes imposée pour la position de la résultante est exprimée par le rapport $\frac{P}{V} = \frac{2h}{D}$; on aura donc en remplaçant P et V par leurs valeurs :

$$\frac{2h}{D} = \frac{D^2 h \, \delta}{300\, h\, D}, \text{ d'où l'on tire } D = \sqrt{600 \frac{h}{\delta}}.$$

En prenant pour densité moyenne des pierres $\delta = 2{,}400$, on obtient $D = \sqrt{0{,}25\, h}$ et l'on peut dresser le tableau suivant :

pour h =	0,01	0,10	1^{m},	10^{m},	100^{m},	300^{m},
D =	0,05	0,16	0,50	1^{m},60	5^{m},	8^{m},70
et le rapport $\frac{h}{D}$ =	0,20	0,60	2	6	20	34

D'après ce calcul, on voit que plus la hauteur absolue du prisme augmente, plus sa forme peut être élancée, si bien qu'un projet, dont on ne donnerait pas l'échelle, pourrait être inexécutable en petit et deviendrait, au contraire, extrêmement bien établi dans ses conditions d'équilibre s'il était exécuté dans de grandes dimensions.

Nous insistons sur cette remarque, parce que, à priori, elle paraît

n'être pas vraisemblable ; cependant, quand on y réfléchit un peu, on s'aperçoit que la puissance du vent ne croît que comme la surface du prisme ou plus exactement comme sa projection sur un plan normal à la direction du vent, tandis que la résistance due au poids croît comme son cube, c'est-à-dire beaucoup plus vite que celle-là, avec la dimension absolue de l'œuvre totale.

Le cube du prisme sera exprimé par :

$$C = D^2 h = 600 \frac{h^2}{\delta}.$$

Si le prisme était en fer massif (conception tout à fait théorique bien entendu) la formule deviendrait :

$$D = \sqrt{0{,}077 h}$$

et le rapport du cube du fer à celui de la pierre serait $0^m{,}30$. Or, le prix du mètre cube de fer est de 5,000 francs, et celui de la pierre dure de 200 francs environ (compris tailles ordinaires). Le rapport de ces prix entre eux étant de 25, on en peut conclure approximativement que le rapport de la dépense totale pour ces deux natures différentes de matériaux sera :

$$25 \times 0{,}30 = 7^1/_2.$$

Donc, à égales conditions de stabilité, un prisme en fer coûterait environ 7 fois 1/2 plus qu'un prisme en pierre dure.

Pyramide à base carrée.

Si l'on se donne la même condition d'équilibre que précédemment, on peut remarquer que la même relation existe entre D et h ; en effet, l'action du vent diminue de moitié, puisqu'un triangle de même base et de même hauteur qu'un rectangle a une surface moitié moindre que celle du rectangle, de plus elle agit à une hauteur réduite de 1/3, puisque le centre de gravité est situé au 1/3 de la hauteur et non à la moitié. Son effet est donc des $\frac{2}{6}$ ou du 1/3 de ce qu'elle était sur la base

du prisme ; or, le poids de la pyramide est précisément égal à 1/3 aussi de celui du prisme, la relation :

$D = \sqrt{600 \frac{h}{\delta}}$ est donc applicable à ces deux formes différentes.

Le cube de la pyramide sera exprimé par :

$$C = D^2 \frac{h}{3} = 200 \frac{h^2}{\delta}.$$

Le rapport des prix du fer et de la pierre reste également le même à l'avantage de la pierre.

Examinons maintenant le cas intermédiaire, celui d'un tronc de pyramide qui est la forme des obélisques.

Tronc de pyramide.

Exprimons par n le rapport de la largeur de la petite base à la grande, afin d'obtenir une formule tout à fait générale, dans laquelle nous pourrons dans les applications donner à n telle valeur que nous voudrons.

On sait que le poids d'un tronc de pyramide est :

$$P = (D^2 + d^2 + Dd)\frac{h}{3}\delta\,;$$

mais $d = nD$, d'où en remplaçant :

$$P = D^2(1 + n + n^2)\frac{h}{3}\delta\,;$$

d'autre part : $V = D\left(\frac{n+1}{2}\right) h\, 300^{k}$.

Cet effort du vent agira à une hauteur x du centre de gravité de la face trapézoïdale projetée verticalement ; on la calculera ainsi :

$$x = \frac{h}{3} + x'$$

$$\text{mais } x' : \frac{h}{6} :: 2n : n + 1$$

d'où

$$x' = \frac{h}{6}\left(\frac{2n}{n+1}\right)\,;$$

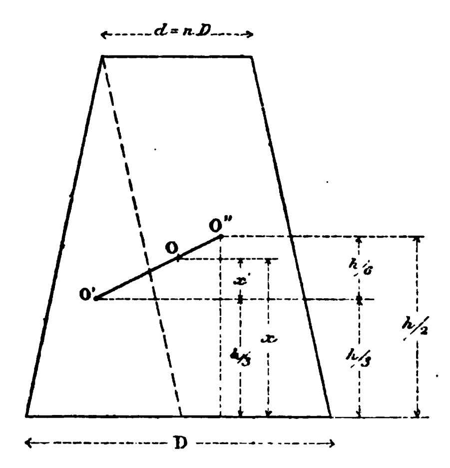
ce qui donne $$x = \frac{h}{3}\left(1 + \frac{n}{n+1}\right).$$

Pour que l'équilibre se réalise dans les mêmes conditions que précédemment, on écrira :

$P\frac{D}{4} = Vx$ d'où, en remplaçant P et V par leurs valeurs, on obtiendra finalement :

$$D = \sqrt{600\left(\frac{2n+1}{1+n+n^2}\right)\frac{h}{\delta}}.$$

La variation de la fonction en n sous le radical indique la variation



du coefficient K dans la formule précédemment trouvée pour le prisme et la pyramide ; c'est-à-dire :

$$D = \sqrt{K\frac{h}{\delta}}.$$

Or, la fonction en n a son maximum pour $n = 0{,}35$, et alors la valeur du coefficient $K = 692{,}30$.

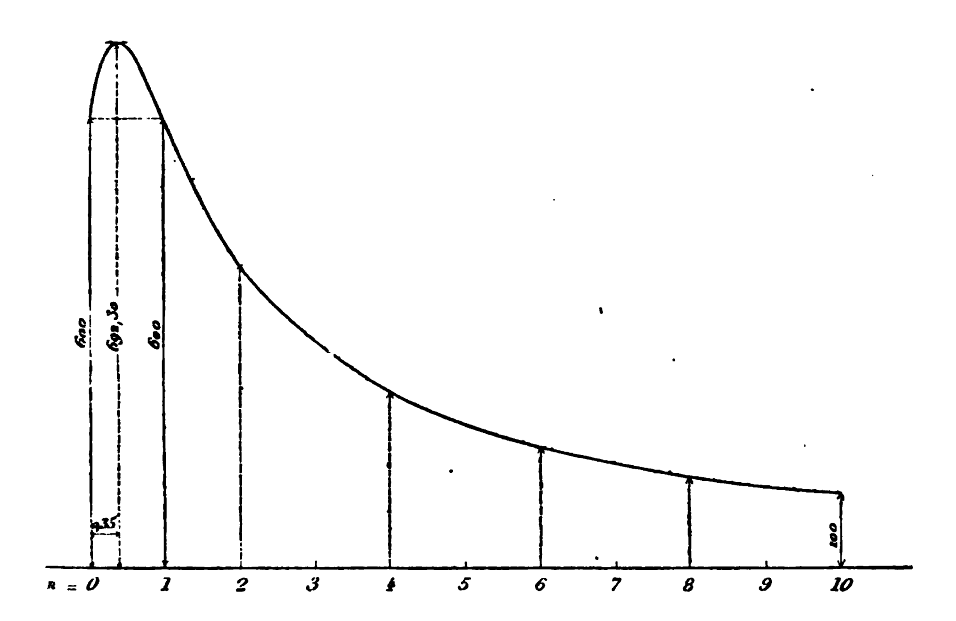
Nous donnons le graphique de la variation de K pour toutes les valeurs de n comprises de 0 à 10.

On voit que cette valeur est égale à 600 pour $n = 0$; c'est le cas de la pyramide complète ; elle croît jusqu'à 692,30 pour $n = \frac{d}{D} = 0{,}35$. C'est pour cette forme, qu'à même hauteur d'obélisque, la base doit

avoir une dimension maximum, c'est celle pour laquelle l'effet du vent est le moins bien combattu par l'effet du poids de l'ouvrage et cette forme est indépendante de la nature des matériaux, c'est-à-dire de leur densité.

Puis ce coefficient diminue en repassant par la valeur 600, précisément pour $n = 1$, c'est-à-dire pour le prisme.

Au delà, nous obtenons des troncs de pyramides posés sur leur



petite base ; or, le coefficient K continue toujours à décroître, ce qui indique que plus la largeur de la base supérieure augmente, mieux l'équilibre est établi, pour une même largeur de base inférieure et une même hauteur données.

La raison de ce phénomène est la même que celle rappelée précédemment, à savoir qu'avec l'élargissement de la base supérieure le poids de l'œuvre augmente bien plus rapidement que l'effet du vent.

Après avoir établi cette formule tout à fait générale, nous l'avons appliquée au calcul des dimensions des plus hauts obélisques connus.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus avec les dimensions de ces monuments.

Nous avons pris pour densité : $\delta = 2,600$.

DÉSIGNATION	h	d	D	K	D calculé.
2 Obélisques décrits par Diodore de Sicile	48m,24	2m,41	3,61	664	3,51
2 Obélisques de Numcoréus fils de Sésostris..............	40,20	2,01	3,21	670	3,18
2 obélisques de Smerrès.......	35,37	1,80	3,00	673	2,98
1 obélisque de Nectanébis......	32,16	1,63	2,81	676	2,88
Obélisque de Constance porté à Saint-Jean-de-Latran	32,15	1,89	2,92	667	2,86
Obélisque de Louqsor.........	22	1,50	2,43	670	2,38

On sera probablement frappé comme nous l'avons été nous-même de la concordance si rapprochée des dimensions calculées et de celles adoptées par les architectes ou ingénieurs égyptiens.

La seule conclusion que nous en voulons tirer, c'est que le coefficient de 300k au mètre superficiel doit nous inspirer toute sécurité, puisqu'en l'appliquant à des pylônes qui ont défié mille et une tempêtes, il nous conduit à vérifier avec succès la mesure adoptée pour ces monuments par les savants artistes de l'antiquité.

Mais poursuivons notre route et cherchons maintenant les conditions d'équilibre des solides évidés.

Anneau cylindrique.

Supposons à priori que l'épaisseur moyenne e soit petite par rapport au diamètre D (ce sera le cas le plus général dans les applications).

Le poids du cylindre évidé sera :

$$P = \frac{22}{7} D e h \delta$$

L'effort du vent sera :

$$V = 2/3\ 300^k\ Dh$$

On sait en effet que sur un cylindre, le vent n'agit qu'avec une intensité égale aux 2/3 de celle qu'il porte sur un prisme carré de même largeur.

On s'imposera comme précédemment la condition $\frac{P}{V} = \frac{2\,h}{D}$ et l'on aura par suite :

$$\frac{2\,h}{D} = \frac{\frac{22}{7}\,D\,e\,h\,\delta}{2/3\ 300^k\,D h}\ \text{d'où}\ e = 127\frac{h}{D\,\delta}.$$

Il est intéressant de remarquer que, pour une même hauteur, l'épaisseur est en raison inverse du diamètre, d'où l'on peut conclure que, quel que soit le diamètre choisi, le cube total de l'ouvrage sera constant. Ce cube sera :

$$C = 400\,\frac{h^2}{\delta}.$$

On voit qu'il sera proportionnel au carré de la hauteur et en raison inverse de la densité des matériaux employés.

On peut encore remarquer que, pour une même forme extérieure, c'est-à-dire un même rapport $\frac{h}{D}$ et même nature de matériaux, l'épaisseur e sera constante quelles que soient les dimensions absolues de l'ouvrage.

Cône évidé.

En suivant la même marche dans les calculs on trouvera facilement la valeur

$$e = 85\,\frac{h}{D\,\delta}$$

et, pour le cube,

$$C = 133\,\frac{h^2}{\delta}.$$

Tronc de cône évidé.

Prenons enfin le cas le plus généralement appliqué : dans les cheminées d'usine par exemple.

On aura :

$$P = \frac{22}{7}\,\frac{h}{2}\,D\,(1+n)\,e\,\delta$$

et

$$V = \frac{2}{3}\, 300^{k}\, \frac{(1+n)}{2}\, D\, h$$

Or, la hauteur à laquelle s'exerce l'action du vent étant :

$$x = \frac{h}{3}\left(1 + \frac{n}{n+1}\right),$$

on aura l'égalité d'équilibre :

$$\frac{22}{7}\,\frac{h}{2}\,D\,(1+n)\,e\,\delta\,\frac{D}{4} = \frac{2}{3}\,300\,\frac{(1+n)}{2}\,Dh\,\frac{h}{3}\left(1 + \frac{n}{n+1}\right),$$

d'où l'on tire enfin :

$$e = 85\left(1 + \frac{n}{n+1}\right)\frac{h}{D\,\delta} = K\,\frac{h}{D\,\delta}.$$

Le calcul permet d'établir le tableau suivant des valeurs de K, lorsque n varie de 0 à 1.

pour n = 0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
K = 85	93	100	105	110	113	117	120	123	125	127

De même que, précédemment, on calculerait le cube constant de l'ouvrage pour une hauteur donnée, quel que soit le diamètre de base choisi ; ce cube sera :

$$C = 133\,(2n+1)\,\frac{h^2}{\delta}.$$

Il est minimum évidemment pour $n = 0$, c'est le cas du cône ; il croît indéfiniment avec n.

L'application de cette formule permet de faire des comparaisons assez curieuses entre les prix des différentes natures de matériaux, employés bien entendu à des hauteurs telles que leur écrasement ne se produise pas sous leur propre poids ; nous avons vu que ces limites sont assez élevées.

Supposons par exemple $n = 1$, c'est le cas du cylindre, et une hauteur $h = 100^{m}$, on pourra dresser le tableau suivant.

Si au lieu d'un cylindre on calculait un cône, ces prix seraient réduits au 1/3 ; mais leur rapport resterait toujours le même à l'avantage de la pierre.

DÉSIGNATION	DENSITÉ	CUBE TOTAL	PRIX du mètre cube.	PRIX TOTAL
		mètres cubes.	francs.	francs.
Pierre dure..........	2400	1666	200	332000
Fer................	7800	513	5000	2565000
Chêne..............	900	4444	200	888000

Il convient de rappeler que l'épaisseur *e*, qui entre dans l'évaluation du poids total, est l'épaisseur moyenne, dont le produit par la surface du tronc de cône donne le cube total, et non la moyenne arithmétique entre les épaisseurs à la base et au sommet. Ces deux modes d'évaluation peuvent différer très sensiblement entre eux, notamment dans le cas où la diminution d'épaisseur ne se produit pas uniformément sur toute la hauteur et nous verrons que, pour satisfaire à la condition de résistance à l'écrasement, il est utile de faire décroître cette épaisseur inégalement en donnant plus de fruit à la base qu'au sommet.

Le cube de l'œuvre est exprimé par

$$C = \frac{22}{7} \frac{h}{2} D (1 + n) e,$$

mais nous avons trouvé

$$e = 85 \left(1 + \frac{n}{n+1}\right) \frac{h}{D \delta},$$

d'où en remplaçant :

$$C = \frac{22}{7} 85 \frac{h^2}{2} (1 + n) \left(1 + \frac{n}{n+1}\right) \frac{1}{\delta},$$

ou enfin

$$C = 133 (2n + 1) \frac{h^2}{\delta} = K' \frac{h^2}{\delta}.$$

On peut en conclure que le poids total de l'œuvre sera :

$$P = 133 (2n + 1) h^2 = K' h^2.$$

Ce qui montre que, pour une même forme de pylône, le poids est constant quelle que soit la nature des matériaux employés.

Il est utile de dresser ce tableau des valeurs de K′ en raison des variations de *n*.

$n =$	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$K' =$	133	160	186	213	240	266	293	320	346	373	400

Ces valeurs s'appliquent à tous les troncs de cône depuis le cône complet jusqu'au cylindre.

En doit-on conclure que la forme cylindrique doit être rejetée et qu'il convient d'élargir le plus possible la base de l'édifice?

Pour démontrer qu'il n'en est pas ainsi, il suffit de prendre deux exemples différents et de les comparer entre eux en faisant intervenir les éléments pratiques du problème à résoudre.

Supposons que le diamètre de la plate-forme du sommet soit donnée et égale à 17^{m} (c'est ce qui est nécessaire pour un phare de 2 millions de carcels comme celui qui convient à Paris).

Supposons la hauteur $h = 316^{m},23$ d'où $h^2 = 100,000$.

Première solution : pseudo-cylindrique.

$$d = 17^{m}; D = 20^{m}; n = \frac{d}{D} = 0,85,$$

d'où $K' = 360$; on en déduit $P = 36,000$ tonnes.

Ce poids correspond à un cube de 14,000 mètres de granit. Le terrain occupé sera de 320^{m2}.

Si l'on admet que le terrain vaut 1,000 francs le mètre carré, et c'est le moins qu'on puisse supposer au centre de Paris, et le granit 200 francs le mètre cube, la dépense relative à ces deux éléments se totalisera ainsi :

Terrain 320^{m2} à 1,000 fr. =	320,000
Granit $14,000^{m3}$ à 200 fr. =	2,800,000
Total.	3,120,000 fr.

Deuxième solution : tronc de cône à large base

$$d = 17^{m}; D = 120^{m}; n = \frac{d}{D} = 0,14,$$

d'où $K' = 170$; on en déduit $P = 17,000$ tonnes.

Dans ce cas, la solution en pierre n'est pas possible parce que l'épaisseur donnée par le calcul ne serait plus en rapport avec l'énorme diamètre ; il faut recourir au métal :

Le terrain occupé sera de $11,500^{m2}$ et la dépense se totalisera ainsi :

Terrain $11,500^{m2}$ à 1,000 fr. =	11,500,000
Fers $17,000^{t}$ à 600 fr. . . . =	10,200,000
Total. . . .	21,700,000

Mais n'oublions pas que notre hypothèse primordiale établit que la

résultante ne dépasse pas la moitié du rayon, ce qui pour le métal n'est pas une condition absolument nécessaire.

Si, par impossible, nous admettons que la résultante passera sur l'arête extérieure elle-même, le poids total sera évidemment réduit de moitié et l'on aura P = 8,500 tonnes.

Admettons enfin que le tronc de cône est évidé du tiers et, par conséquent, ne supporte que les 2/3 de l'effort du vent que nous avons admis ; le poids, réduit encore dans cette proportion de 1/3, deviendra P = 2/3 8,500 = 5,700 tonnes. Eh bien, même dans ce cas très favorable à la légèreté de l'ouvrage, et qui ne nous semble pas pouvoir être admis en pratique, la dépense totale s'établirait ainsi :

Terrain.	11,500,000
Fers 5,700ᵗ à 600 fr. =	3,420,000
Total.	14,920,000

On voit donc que, sous le rapport économique, il convient d'adopter la pierre de préférence au métal et, pour économiser le terrain, la forme pseudo-cylindrique.

De même que nous avons appliqué nos formules des solides pleins à la vérification des dimensions données aux obélisques, de même nous avons procédé avec les autres formules pour des cheminées de très grande hauteur.

La plus haute cheminée connue est celle de Saint-Rollox près de Glascow. En voici les dimensions :

$$h = 132^{m} ; \mathrm{D} = 13^{m},20 ; d = 4^{m},10,$$

d'où

$$\frac{\mathrm{D}}{d} = n = 0,30 ;$$

le tableau précédent nous donne :

$$\mathrm{K}' = 213 \text{ d'où } \mathrm{P} = 213\, h^2 = 3,700 \text{ tonnes.}$$

Tel est donc le poids que devra posséder cette cheminée. Or elle est en briques pesant 2,000 kilogrammes le mètre cube ; son volume sera donc de 1,850 mètres cubes. Or son épaisseur à la base est $0^{m},80$; elle est de $0^{m},36$ au sommet et le volume total de l'ouvrage est de $1,887^{m3}$; on voit que les deux chiffres concordent aussi exactement que possible. Si l'on ajoute que la cheminée de Saint-Rollox a subi de très violents orages sans en souffrir aucunement, on pourra en conclure que la for-

mule qui vient en contrôler ainsi les dimensions doit offrir la plus grande sécurité.

Nous en avons voulu faire encore l'application sur d'autres cheminées ; l'une d'elles, construite à Villerupt (Meurthe-et-Moselle), par M. Rémaury, ingénieur civil des mines, a les dimensions suivantes : $h = 65^m$; $D = 5^m,70$; $d = 3^m,60$; épaisseur en bas $= 0^m,65$; épaisseur en haut $= 0^m,17$; e moyenne $= 0^m,42$.

En supposant $\delta = 2,000$, notre formule nous donnerait $e = 0^m,69$.

Qu'en devons-nous conclure? C'est que la dimension, fort hardiment adoptée, et qui, nous devons le dire, n'a donné lieu à aucun mécompte jusqu'ici, correspond à un effort du vent des 2/3 environ de celui que nous avons adopté comme maximum.

Il faut désirer qu'à Villerupt le vent n'excède jamais 200 kilogrammes de pression, correspondant à une vitesse de 40 mètres par seconde et dénommé : ouragan ordinaire ; il faut dire que c'est déjà un vent très exceptionnel et que bien des localités n'en ont jamais subi de pareils.

On remarquera que, lorsqu'il s'agit de constructions très hautes et peu larges, comme celles que cette étude a pour but d'analyser, la résultante des forces agissantes est très peu inclinée sur la verticale et que, par conséquent, sa valeur absolue diffère très peu du poids même de tout l'ouvrage.

Le déplacement seul de cette résultante agit pour augmenter l'effort supporté au mètre superficiel dans les points les plus fatigués, sans que toutefois, en aucun de ces points, dans les limites extrêmes que nous nous sommes imposées, cet effort, qui ne sera qu'accidentel, puisse jamais dépasser la limite du vingtième de celui qui produit l'écrasement.

A ce sujet, nous ferons remarquer que la loi de Belanger, qui a l'avantage d'être très simple et, par conséquent, d'une application fort commode, ne nous semble pas correspondre à ce qui se passe réellement dans la pratique : elle suppose en effet à priori que toute section plane avant la charge reste plane après la déformation ; rien n'est plus incertain et, hypothèse pour hypothèse, nous inclinerions à penser qu'après la déformation, la section ne reste pas plane et que, par conséquent, l'arête n'est pas chargée au double de la pression moyenne. Le mode de brisure des pierres par éclat et non par effritement de l'arête nous semble confirmer ce que nous avançons. La loi de Belanger

est pessimiste; sous ce rapport, elle offre donc l'avantage de donner une extrême sécurité.

Pour réduire la pression par unité de surface à la base, c'est-à-dire au point le plus fatigué, on sera conduit à augmenter la surface de cette base en adoptant pour la coupe en hauteur de la tour une courbe connue sous le nom ; pile de pont, pour laquelle le fruit est plus grand à la base qu'au sommet.

De cette étude générale sur la stabilité des pylônes soumis aux efforts du vent, nous pouvons tirer les déductions suivantes :

1° Les édifices connus sont loin d'avoir atteint les limites de hauteur auxquelles on peut en élever de nouveaux ;

2° La largeur de base d'un pylône plein croît comme la racine carrée de sa hauteur, ce qui peut s'exprimer aussi en disant que le rapport de la hauteur à la largeur de la base grandit en raison même de la racine carrée de cette hauteur. Elle varie également en raison inverse de la racine carrée de la densité des matériaux employés ;

3° Dans les pylônes élevés sur plans annulaires, le volume des matériaux à employer est indépendant du diamètre choisi à priori (il convient toutefois de fixer à 32 fois l'épaisseur, la limite extrême à laquelle il convient avec Rondelet de limiter ce diamètre) ;

4° Dans toutes les formes de pylônes, pleins ou creux, si leur surface enveloppante est continue et non évidée et par conséquent soumise entièrement aux efforts du vent, le rapport du prix des différentes natures de matériaux employés est constant, quelle que soit cette forme ; ce rapport croît en raison directe du prix de la matière au mètre cube, et en raison inverse de sa densité.

5° Pour une même forme de pylône, le poids de l'œuvre est constant quelle que soit la nature des matériaux employés.

Nous avons vu que, dans ces conditions, l'emploi du fer est 7 fois $\frac{1}{2}$ plus onéreux que celui du granit.

Mais si ces considérations générales sont de nature à servir de guide aussi bien pour le choix des matériaux que pour la forme et les dimensions à leur donner dans l'édification de pylônes de grandes hauteurs, elles ne suffisent pas pour résoudre le problème qui se pose, lorsqu'il s'agit de l'édifier dans une ville essentiellement artistique comme Paris.

Si rationnelle que puisse être la forme déterminée par le calcul pour

satisfaire à la double condition de stabilité de l'ensemble et de résistance des parties, encore faut-il qu'elle satisfasse à des conditions d'esthétique générale qui caractérisent une œuvre d'art.

Il est certain qu'une grande cheminée, construite d'après les formules que nous venons d'établir, donnerait satisfaction à la partie matérielle des données du problème qui se pose ainsi : une large plate-forme à 300 mètres de hauteur, sur un support contenant des escaliers et muni d'ascenseurs, mis eux-mêmes à l'abri des intempéries extérieures ; il est évident aussi qu'un immense échafaudage formé de croisillons de fer pourrait résoudre également une partie du problème, surtout si la surface enveloppante était close ; mais ni l'une ni l'autre de ces solutions ne serait acceptable, quand bien même sur cette cheminée ou sur cette pile de pont on placerait des statues sous prétexte d'ornement.

Quand il s'agit de monter à une hauteur aussi considérable que 300 mètres, il y a une condition de perspective dont il faut tenir grand compte : c'est celle qui consiste à ne pas trop diminuer la largeur de la construction en montant au sommet, car les lignes dites de fuite venant accentuer encore cette diminution, on risque fort d'avoir élevé un immense paratonnerre, dont le sommet deviendrait imperceptible en se perdant dans les nues.

Il est certain qu'en adoptant même la forme cylindrique, sans diminution dans la partie haute, l'effet perspectif donnerait encore au cylindre l'aspect d'un tronc de cône, très sensiblement diminué de diamètre au sommet.

Du reste il ne faut pas perdre de vue que la partie réellement utilisable, c'est la plate-forme supérieure.

Il convient donc de la tenir aussi spacieuse que possible pour que l'édifice puisse rendre ce qu'il aura coûté.

C'est pour ces raisons que nous avons cru devoir adopter, pour type de forme, la colonne, forme consacrée dans l'architecture de tous les pays du monde.

C'est sur des colonnes qu'étaient portées les statues des grands hommes de l'antiquité ; c'est sur une colonne, plus haute que toutes celles qui ont jamais été édifiées, que nous semble aussi devoir être portée cette grande lumière, due au génie du dix-neuvième siècle, qui a su reproduire la foudre et l'asservir aux besoins de l'humanité.

Le projet dont nous avons donné la gravure au commencement de

cette étude, se compose d'un soubassement de 66 mètres de hauteur, servant de musée permanent de l'Électricité.

Il développe en ses six étages une surface utile de 10,000 mètres carrés. Sa toiture forme terrasse et peut contenir plus de 2,000 personnes.

Au pied, l'usine des moteurs nécessaires, de plus de 2,000 mètres de surface, complément indispensable du phare électrique du sommet. La frise couronnant le palais, est décorée de statues de tous les savants français et étrangers qui ont fait progresser les études de l'Électricité.

Au-dessus : la colonne, montant non pas d'un seul jet, mais par étages, destinés à donner de l'échelle au monument, et à faire comprendre, par la petitesse relative de ses parties, la colossale dimension de son ensemble.

Le chapiteau de 35 mètres de diamètre offrira une plate-forme pouvant contenir à la fois plus de 1,000 spectateurs jouissant du coup d'œil féerique de tout Paris à vol d'oiseau. Dans chacun des anneaux de l'immense colonne, 16 chambres de 5 mètres de hauteur et de 15 mètres carrés chacune, en tout 80 chambres destinées à des traitements aéro-thérapiques réclamés par la science médicale ; l'air pur à une faible pression pourra devenir en plein Paris une source de guérison pour ceux qui ne peuvent aller chercher au loin dans les montagnes cette médication particulière. Au centre de la colonne, un noyau absolument vide de 8 mètres de diamètre, destiné à toutes les expériences scientifiques désirables : chute des corps dans l'air, compression des gaz ou des vapeurs, pendule de Foucaut, etc...

Au sommet, le Phare électrique proprement dit, surmonté lui-même du Génie de la science, dont la tête est à 360 mètres du sol. A l'intérieur, la série des ascenseurs nécessaires à tous les services.

Comme construction : un noyau central en granit de 18 mètres de diamètre moyen ; tout autour une décoration métallique, carcasse en fer revêtue de cuivre. Le noyau central est calculé pour combattre l'action du vent, non seulement sur sa propre surface, mais encore sur celle de l'enveloppe décorative extérieure.

Ce noyau central est en granit pour défier l'œuvre dévastatrice du temps.

Que nous resterait-il, en effet, des monuments antiques si le fer eût été employé il y a 4,000 ans? Rien sans doute, à en juger par le peu

qu'il en reste, même en armes ou en objets mobiliers précieusement garantis dans des sarcophages en granit.

La place que devrait occuper cette Colonne-Soleil serait théoriquement le centre géométrique de Paris, c'est-à-dire le Pont-Neuf ou la place Saint-Germain-l'Auxerrois; il faut donc s'en éloigner le moins possible. On pourrait la placer où était le pavillon central des Tuileries, sinon sur l'un des grands bassins du jardin, ou bien encore sur le terrain des ruines de la cour des comptes. Le palais au pied de la tour serait, dans ce cas, le palais des Arts décoratifs. Enfin si l'on veut rattacher sa construction aux travaux de l'Exposition, on peut l'édifier sur l'esplanade des Invalides. De ce point, il éclairerait facilement le bois de Boulogne et tout Neuilly et Levallois jusqu'à la Seine.

L'Exposition universelle qui doit s'ouvrir, pour fêter le centenaire de la Révolution française et de l'ère de la Liberté, doit en effet laisser pour les générations futures un souvenir longuement durable de l'appel adressé par la France aux peuples de tout l'Univers.

Le programme d'un pareil monument doit demander qu'il réponde à la fois aux plus hautes exigences de la Science et de l'Art; c'est leur union intime qui caractérise en effet les produits de notre génie national.

Loin de nous la pensée que notre projet réponde à toutes les conditions contenues dans la devise : le Beau, le Vrai, l'Utile.

Nous nous estimerons heureux s'il a atteint notre but de poser le double problème scientifique et artistique du Phare-Soleil et du monument du Centenaire, en apportant ici des notions utiles pour le résoudre.

AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

DE LA VILLE DE PARIS

PAR UN SEUL FOYER LUMINEUX

Par **M. SEBILLOT**

Le monument dont les conditions de stabilité, de construction et d'esthétique viennent d'être exposés par M. Bourdais, n'a pas été projeté sans une pensée d'utilité publique qui lui assigne, comme à tout monument de l'art humain, une destination bien précise et avec laquelle la construction doit s'harmoniser.

L'établissement d'une tour élevée de 300 mètres, c'est-à-dire le double des plus hauts monuments qui aient été jamais construits, ne peut s'expliquer que par une pensée qui conduise logiquement à l'adoption d'une dimension aussi inusitée.

Cette pensée est née des progrès de l'électricité dans ses grandes applications, et de la possibilité, en raison de ces progrès, d'aborder l'éclairage à l'électricité de grands espaces et des villes les plus étendues.

Au point de vue de l'éclairage électrique, il s'est produit deux courants d'idées très différents, mais qui ont chacun leur raison d'être : c'est, d'une part, la division de la lumière en vue de la distribuer comme le gaz suivant les besoins des particuliers et, d'autre part, la concentration en de grands foyers lumineux pour répandre la lumière par une ou un petit nombre d'émanations de sources puissantes.

Si l'on considère un atelier, un navire à vapeur, la lumière divisée trouve son application naturelle, car il faut éclairer un grand nombre de points avec une intensité locale, et, comme l'on dispose d'une force motrice pour d'autres usages, la lumière électrique obtenue, soit par

des arcs voltaïques, soit par des lampes à incandescence, devient le mode d'éclairage le plus parfait, le plus agréable et le plus économique.

Le problème de la divisibilité de la lumière électrique a été résolu d'une manière complète par M. Edison et d'autres inventeurs, et il y a là un progrès qui s'affirme chaque jour.

La question est tout autre, s'il s'agit d'éclairer de vastes espaces; il ne s'agit plus de produire un éclairage local comparable à celui du gaz.

Ce qui est désirable, c'est une lumière d'un ordre supérieur supprimant l'obscurité et la nuit sur de vastes espaces comme ceux occupés par les grandes villes.

De là, l'idée de concentrer la puissance éclairante en de vastes foyers pour la répartir d'une manière générale et de créer en réalité un soleil artificiel, pour répartir en tous points une lumière abondante.

Tel a été le point de départ du monument étudié par M. Bourdais; l'idée première en remonte à l'année 1881, comme le constatent mon brevet du 19 juillet de cette année et une brochure que je publiai en même temps sur un projet d'éclairage de la ville de Paris au moyen d'une tour de 300 mètres placée aux Tuileries et portant un puissant appareil d'éclairage avec un réflecteur d'une disposition particulière.

J'avais tout d'abord pensé à une construction en fer, mais M. Bourdais, à qui je communiquai mon projet, combattit cette idée, en invoquant la nécessité de donner à ce porte-flambeau de la cité le caractère artistique que doit posséder, dans une ville comme Paris, un monument d'un ordre si nouveau et appelé à remplir une si importante fonction en même temps qu'il doit avoir les garanties de durée que réclame un monument public.

Au point de vue de l'éclairage proprement dit, M. Bourdais suggéra l'idée de compléter le réflecteur à courbe parabolique par un système de réflecteurs recevant la lumière de projecteurs placés au sommet de la tour et chargés de porter la lumière dans les rues transversales, pour lequel nous prîmes un brevet en commun le 6 mai 1882. Ce moyen permet, en effet, si la diffusion n'est pas complète, d'y remédier, en donnant un moyen de répartir, suivant une étude de distribution, la lumière de manière qu'il ne puisse exister aucun point obscur.

Tel est en quelques mots l'historique du projet.

Examinons maintenant les dispositions de l'appareil d'éclairage et les conditions techniques d'après lesquelles il a été établi.

Description de l'appareil d'éclairage.

L'appareil comprend trois parties :

1° Un système de lampes à grande puissance distribuées en couronnes ;

2° Un réflecteur destiné à concentrer tous les rayons lumineux pour les répartir sur la surface à éclairer sans les disperser dans l'espace ;

3° Un système de projecteurs avec réflecteurs locaux pour porter la lumière dans les parties qui pourraient rester dans l'ombre par l'insuffisance de la diffusion.

1° Les lampes sont distribuées suivant un cercle formant le lieu focal d'une surface de révolution formée par le réflecteur : ce cercle aurait un diamètre de 12 mètres et une circonférence de 36 mètres ; on peut ainsi disposer cent lampes de grande intensité occupant chacune une largeur de $0^m,36$ sur la circonférence focale.

Contrairement à ce qui est recherché dans la lumière divisée, il faut, pour l'éclairage d'un point central, rechercher le maximum d'intensité : ici aucune sujétion pour rendre la lumière douce à l'œil ; ce qu'il faut c'est qu'elle soit puissante, aveuglante même ; à la hauteur à laquelle est placé le foyer, il n'y a pas plus de raison de le regarder que de fixer le soleil en plein midi.

Au lieu de restreindre l'intensité de la lumière électrique, comme dans les éclairages particuliers, il faut, au contraire, ici la surexciter et la porter à sa tension maximum.

C'est d'ailleurs sous cette forme que la lumière électrique apparaît avec tous ses avantages économiques : tandis que, dans les lampes à incandescence, on arrive à grand'peine à produire la lumière de 12 à 18 carcels par cheval, on peut par l'arc voltaïque arriver à 250 et peut-être au delà.

C'est une question de température développée et, après un certain degré, l'intensité lumineuse croît suivant une progression rapide avec un faible surcroît de dépense.

C'est d'après cette loi que la lumière de Drummond atteint presque l'intensité de la lumière électrique, parce qu'une terre infusible, chaux ou magnésie, acquiert une puissance lumineuse rapidement croissante,

passé un certain degré de température, sous l'influence d'un courant d'hydrogène et d'oxygène.

En ce qui concerne l'électricité, la limite déjà élevée n'est pas encore définie, mais comme il est déjà constaté par les intensités réalisées que l'on peut obtenir 250 carcels par cheval, on voit immédiatement combien la concentration en foyers puissants est économique, alors qu'aucun obstacle ne s'oppose au développement de l'intensité.

En éclairage au gaz, un bec de première série de la ville de Paris brûlant 100 litres de gaz à l'heure et produisant 0,77 carcel coûte 0 fr.,03 par heure ou 0 fr.,04 par unité carcel.

En électricité intensive, 250 unités carcels coûtent en force motrice par grandes machines le prix de 1k,50 de houille, soit 0 fr.,045, ce qui donne 0f,00018 par unité carcel.

Abstraction faite des autres frais, la différence est énorme et montre que l'éclairage par grands foyers est d'un ordre différent et supérieur à l'éclairage par le gaz ou la lumière divisée, en ce que la quantité de lumière déversée, à prix égal, est incomparablement plus grande.

Le doute a pu exister sur les avantages comparatifs du gaz et de l'électricité, tant qu'il s'est agi de foyers restreints, mais dans l'ordre d'idées de concentration en foyers puissants, il n'y a pas de comparaison possible.

Il est possible, à dépense égale, de déverser sur Paris une quantité de lumière cent fois supérieure à celle produite par l'éclairage actuel au gaz, même en tenant compte des abaissements possibles du prix au mètre cube; et, par conséquent, de substituer à un jour douteux la lumière éclatante d'un soleil artificiel.

Quant à la puissance de chacune des 100 lampes formant l'appareil d'éclairage, on verra, par les considérations ci-après, qu'elles auront chacune une puissance de 20,000 unités carcel, ce qui n'a rien d'exagéré, car une lampe Brush de cette puissance a fonctionné à l'exposition d'électricité, sans autre défaut que d'être aveuglante, condition qu'il faut rechercher ici, loin d'en faire une objection.

Il faut ajouter que les dépenses de réglage et d'entretien qui pèsent si lourdement sur de petites installations seront ici presque négligeables, car le service sera facile à l'intérieur de la tour par quelques surveillants : un chariot roulant permettra de retirer les lampes pendant le jour pour les remettre en état pour la nuit par une petite équipe d'ouvriers.

A l'égard des charbons, qui constituent dans l'état actuel de la fabrication une dépense notable, il est évident qu'ils seraient fabriqués spécialement pour cette application et obtenus à un prix très modéré.

2° Le système de réflecteur a une grande importance au point de vue de la bonne utilisation de la lumière. D'après les lois de la physique, l'intensité de la lumière est inversement proportionnelle au carré des distances : c'est en raison de cette loi que beaucoup d'électriciens restent partisans de la division de la lumière, même pour l'éclairage public, et contestent la bonne utilisation des foyers lumineux placés à une grande hauteur.

Il y a là, ainsi qu'il sera établi ci-après, une erreur d'appréciation, en ce qu'il n'a pas été tenu compte de la puissance des foyers et du rapport nécessaire entre cette puissance et la hauteur à laquelle cette puissance doit être portée, éléments qui dépendent eux-mêmes de l'étendue de la surface à éclairer.

D'ailleurs, la loi du carré des distances cesse de s'appliquer si, à l'aide d'un réflecteur d'une courbure calculée, la lumière est en totalité répartie sur la surface qu'on se propose d'éclairer.

En coupant la surface de révolution qui forme le réflecteur par un plan vertical, la section donne une courbe à deux branches ayant un foyer commun ; chacune de ces courbes est tracée de manière à diriger les rayons lumineux les plus fortement réfléchis à la plus grande distance à éclairer, les parties voisines de la tour ayant toujours un excès de lumière qui est tempérée, la branche inférieure formant écran, et la branche supérieure n'envoyant de rayons vers la partie centrale que près de la circonférence.

On peut ainsi obtenir d'une manière approchée la distribution égale de la lumière sur une surface donnée en traçant l'épure du réflecteur de telle sorte qu'une surface donnée du réflecteur corresponde à une surface de terrain déterminée, en tenant compte de sa distance du foyer.

Le foyer lumineux agit ainsi, comme les projecteurs électriques appliqués à l'art militaire, et dont on connaît les effets à de grandes distances.

L'intensité de la lumière n'est plus alors en raison inverse du carré de la distance, comme pour un point lumineux isolé dans l'espace, mais est fonction d'un angle qui détermine le champ d'illumination.

3° Indépendamment de ce réflecteur répartissant la lumière d'une

manière générale sur la surface considérée, une couronne de véritables projecteurs à faisceaux parallèles est établie au-dessus du réflecteur.

Ce système de projecteurs dont l'idée appartient à M. Bourdais, a pour objet de suppléer à l'insuffisance possible de la diffusion de la lumière émanée du foyer général.

Il est certain, ainsi qu'il résulte des expériences déjà nombreuses d'éclairage de chantiers et de places publiques, que la lumière électrique se diffuse beaucoup mieux que toute autre lumière artificielle, c'est certainement une question d'intensité.

La lumière directe émanant d'une source élevée, vient frapper tous les objets matériels, toits, cheminées, vitrages, murs, se réfléchit et se brise dans toutes les directions, donnant comme résultante un reflet d'intensité proportionnelle à celle de la source elle-même, et variable suivant les incidents locaux.

Le système de projecteurs a pour objet de remédier à l'insuffisance de la diffusion dans tous les points où la disposition des édifices, des reliefs du sol et l'orientation des rues rendraient nécessaire un supplément de lumière.

Les projecteurs ne doivent donc pas être placés d'une manière régulière, mais d'après une étude de l'effet du foyer d'éclairage général sur les diverses parties de la surface à éclairer : les rayons projetés sont reçus par des réflecteurs plans ou courbes de manière à renvoyer la lumière dans les rues perpendiculaires aux rayons lumineux, les impasses, et en poursuivant l'idée, on conçoit la possibilité d'éclairer par un système de réflecteurs et de projecteurs jusqu'à l'intérieur des édifices et des maisons.

Tel est, dans son ensemble, l'appareil d'éclairage projeté. On remarquera évidemment qu'il y a sur plusieurs points une incertitude forcée, en raison de la nouveauté du problème, notamment sur l'intensité de la lumière diffuse, sur l'importance relative à attribuer aux projecteurs et réflecteurs de quartier dans l'ensemble de l'éclairage ; ce sont des questions qui ne peuvent être éclaircies complètement que par l'application elle-même : tout ce qui était possible dans l'état de la question, c'était de tracer les grandes lignes du projet, et de chercher d'après le calcul, les données expérimentales acquises et les précédents, à définir l'importance des forces à mettre en jeu pour réaliser le problème de l'éclairage d'une grande ville par un foyer unique, ce que nous allons examiner.

Calculs relatifs à l'éclairage de la ville de Paris avec tour unique de 300 mètres.

La surface à éclairer est sensiblement un cercle de 11 kilomètres de diamètre, distance des portes de la Muette à Bagnolet en allant de l'ouest à l'est, et des portes Montmartre et d'Orléans du nord au sud, en prenant les Tuileries comme point central.

La plus grande distance du foyer aux points à éclairer est ainsi de 5,500 mètres.

Il n'existe encore en aucun point du monde un appareil de cette puissance, ou pouvant lui être comparable ; toutefois il existe en Amérique des précédents qui ne sont pas sans importance dans leurs résultats et dans les conséquences que l'on peut en déduire pour l'application à la ville de Paris.

1° Éclairage de Madison-Square et Union-Square à New-York. — Madison-Square est une place plantée d'arbres ayant environ 300 mètres de longueur sur 200 de largeur ; elle était autrefois éclairée par 300 becs de gaz.

Ils ont été remplacés par un appareil d'éclairage électrique placé au centre du rectangle.

Il se compose d'un groupe de 6 lampes Brush ayant chacune une puissance de 6,000 candles (environ 860 carcels) soit une puissance totale de 5,000 carcels.

Les 6 lampes sont montées sur un cadre circulaire en fer qui peut être hissé, à l'aide d'un treuil manœuvré par 4 hommes, à l'extrémité d'un mât de 35 mètres de hauteur.

Les lampes sont descendues pendant le jour pour la remise en état et hissées chaque soir.

Le courant est fourni par une machine de 25 à 30 chevaux établie dans le sous-sol d'une maison de Broadway, à environ 200 mètres de distance.

L'éclairage est très satisfaisant par tous les temps, même en temps de brumes ou de tourmentes de neige ; la lumière diffuse est parfaitement discernable derrière les monuments qui décorent la place et les maisons d'angle ; la lumière est portée jusqu'aux extrémités de la place, et jusqu'à la quatrième avenue distante de 300 mètres de la colonne.

Toutefois on peut constater que, sur ces 6 lampes, il y en a toujours alternativement, une, deux et quelquefois plus, voisines de l'extinction, de telle sorte que la puissance réelle n'est guère que 70 à 75 0/0 de la puissance de l'appareil en pleine intensité.

De plus, les réflecteurs formés d'un chapeau en tôle à pans obliques surmontant chaque lampe sont d'un effet à peu près nul, sauf pour la partie très voisine du mât.

L'éclairage d'Union-Square est identique au précédent : tout imparfaits que sont ces appareils, ils atteignent le but, et il serait difficile de les supprimer sans soulever le mécontentement de la population.

2° La ville de Denver au Colorado a fait une tentative plus audacieuse. On a cherché, non à éclairer une place, mais la ville entière au moyen de 4 foyers lumineux à peu près identiques à ceux de Madison-Square de New-York, mais ici le résultat a été tout à fait insuffisant. Il était facile de le prévoir ; Denver est une ville de 70,000 âmes, mais occupe une très grande surface correspondant à un cercle d'environ 5 kilomètres de diamètre.

Les 4 foyers sont placés au sommet de 4 pylônes en fers cornières très bien étudiés au point de vue de la légèreté et de l'économie : les lampes sont placées à une hauteur de 90 mètres.

Les pylônes sont espacés d'environ 1,500 mètres ; comme il a été dit, le système de lampes pour chaque pylône est à peu près celui de Madison-Square et l'ensemble est desservi par une machine de 250 chevaux.

Les défauts de cette installation sautent aux yeux ; c'est, avant tout, le défaut de puissance en comparaison de l'effet cherché ; ce défaut est aggravé par les pertes de charge dans les conducteurs à grande distance et l'absence de réflecteurs rationnels.

Il y a une disproportion évidente entre le but et les moyens : la hauteur de 90 mètres est excessive pour une puissance de 5 à 6,000 carcels, aussi bien que la distance des foyers.

Ce qui suffisait pour un square à New-York a donné un résultat insuffisant pour le quart d'une ville de 5 kilomètres de diamètre : dans le premier cas, il y avait une relation juste entre la hauteur de l'appareil, sa puissance et la surface à éclairer ; dans le deuxième, cette harmonie n'existait pas et le résultat, sans être nul, loin de là, est insuffisant pour le but proposé.

On pourrait multiplier les exemples, car il est peu de villes en Amé-

rique qui ne possèdent un ou plusieurs pylônes éclairant à l'électricité. Telles sont, à ma connaissance : Philadelphie ; Washington où le dôme du Capitole a été utilisé pour l'éclairage électrique avec une couronne de lampes d'un bel effet, mais également insuffisant comme puissance ; Kansas-City, San-José de Californie, la Nouvelle-Orléans, Coney-Island, près New-York, et nombre d'autres. L'éclairage de Madison-square offre le résultat le plus net, en raison de ce qu'on a demandé à l'appareil l'éclairage d'une surface en rapport avec sa puissance et la hauteur du foyer lumineux.

Pour l'éclairage de Denver, il aurait fallu au moins décupler la puissance, en conservant la même hauteur, tout en adoptant des dispositions de réflecteurs propres à éviter les pertes de lumière.

Mais, en résumé, ces applications montrent la possibilité d'éclairer des surfaces aussi grandes qu'on le veut, à la condition d'observer les relations exactes qui doivent exister entre la hauteur, la puissance et la surface à éclairer.

Éclairage de Paris.

Pour fixer ces éléments dans l'application à la ville de Paris, les données exactes sont peu nombreuses.

La base d'un éclairage de ce genre, c'est qu'on puisse lire un imprimé aux points les plus éloignés du centre.

Cette condition est réalisée, à une distance de 5 mètres, par un bec de gaz équivalent à 0,77 carcel ; elle l'est, d'autre part, par une lampe électrique de 500 carcels, à 115 mètres de distance ; comme il s'agit de points lumineux isolés, la loi de l'intensité lumineuse se vérifie, car on a :

$$0,77 : \overline{5}^2 : : x : \overline{115}^2,$$

d'où l'on tire $x = 407.$

Si l'on établit la comparaison avec l'éclairage de Madison-square, on trouve, en comptant 3,500 carcels comme puissance réelle de l'appareil :

$$500 : \overline{115}^2 : : 3\,500 : x^2,$$

d'où $x = 304$ mètres,

ce qui se vérifie approximativement.

Si l'on applique ce calcul pour chercher l'intensité lumineuse totale d'un appareil éclairant une surface de 5,500 mètres de rayon, on trouve par l'équation

$$500 : \overline{115}^2 : : x : \overline{5\,500}^2$$
$$x = 1\,143\,667.$$

Comme ce calcul se rapporte à des points lumineux et que, pour la ville de Paris, il s'agit d'employer un système de réflecteurs auquel la loi des intensités n'est plus applicable, l'effet sera encore considérablement augmenté.

On verra en effet que la lumière réfléchie représente les 3/4 de la lumière totale, quand on emploie un réflecteur de forme convenable, d'où il suit que cette quantité de lumière équivaut en réalité à plus de 1 500 000 carcels occupant le centre d'une sphère, ce qui est à peu près le cas de tous les éclairages électriques établis jusqu'ici.

Toutefois, comme, dans une question aussi importante, il faut réaliser un éclairage d'un ordre supérieur aux moyens connus; que, d'autre part,il faut parer à certaines défectuosités et irrégularités,il n'y aurait qu'avantage à forcer les résultats du calcul et à adopter par exemple 1 500 000 carcels pour le foyer général et 500 000 becs pour les projections, ce qui donnerait, sauf à modifier la distribution, un total de 2 millions de carcels, exigeant une force motrice de 8 à 10000 chevaux.

Il nous a paru intéressant de rapporter ici quelques calculs sur la lumière solaire comparée aux moyens artificiels, malgré le défaut de précision qu'on peut trouver dans ces calculs.

Leslie a trouvé que l'intensité du soleil par rapport à celle de la lune, était de 94 500 à 1 ; quand on observe l'effet d'un beau clair de lune, il est évident qu'il n'est pas besoin pour réaliser un splendide éclairage d'atteindre l'intensité solaire.

Leslie ajoute encore que l'éclat du soleil est égal à celui de 12 000 bougies (1 715 carcels), placées à $1^m,32$ de l'œil de l'observateur.

Si l'on cherche d'après cette donnée à quelle distance la lumière artificielle donnerait une intensité égale à celle du soleil, on a d'après l'équation

$$x^2 : \overline{1,32}^2 : : 2\,000\,000 : 1715$$
$$x = 45^{\text{m}}$$

Il suit de là aussi que chaque mètre carré de la sphère de $1^m,32$ reçoit une quantité de lumière de :

$$\frac{1715}{4\,\pi r^2} = 78 \text{ carcels.}$$

Pour la lumière de la lune, cette quantité serait, d'après Leslie, de :

$$\frac{78}{94\,500} = \frac{1}{1\,215} \text{ ou } \frac{0,82}{1\,000} \text{ de carcel par mètre carré.}$$

Pour la lumière du gaz, admettant 0,72 carcel pour l'intensité d'un bec, on aurait, en la répartissant sur une sphère de 5 mètres de rayon, une quantité de lumière de

$$\frac{0,72}{314} \text{ ou } \frac{2,3}{1000} \text{ de carcel par mètre carré.}$$

Pour une lumière électrique de 2 000 000 de carcels, on aurait pour une sphère de 1127 mètres, qui, comme on le verra ci-après, est le point où commence l'action de la lumière directe :

$$\frac{2\,000\,000}{15\,951\,200} = \frac{125}{1000} \text{ de carcel par mètre carré.}$$

En résumant ces calculs, on voit : que l'intensité de la lumière lunaire étant $\frac{1}{94\,500}$ de celle du soleil, l'intensité de la lumière du gaz à la distance de 5 mètres, qui permet de lire un imprimé, est $\frac{1}{33\,500}$ de celle du soleil; qu'enfin pour la lumière électrique, à une distance de 1127 mètres du foyer, un foyer de 2 000 000 de carcels a une intensité égale à $\frac{1}{650}$ de celle du soleil. Ce dernier rapport assure d'une manière évidente un éclairage splendide dans le rayon considéré; nous verrons ci-après comment le réflecteur permet de satisfaire à un bon éclairage de tous les points de la surface.

Détermination de la hauteur :

D'après les exemples d'éclairage public, on voit que l'on doit augmenter la hauteur en même temps que la puissance du foyer.

Une simple lampe est déjà assez élevée à 15 mètres du sol, comme au Carrousel, à Paris ; un groupe de 6 lampes comme à Madison-Square, à New-York, est à une bonne hauteur, à 35 mètres, tandis qu'à Denver, le même appareil, porté à 90 mètres, est trop faible pour donner l'effet cherché ; il faudrait une puissance beaucoup plus grande, ce qui du reste était dans l'intention des promoteurs de l'entreprise, et a peut-être été réalisé depuis mon passage.

Avec un foyer lumineux de 2 millions de carcels, la hauteur de 300 mètres n'a rien d'exagéré, et cette limite a été adoptée plutôt par des considérations de prix et de résistance des matériaux, que par celles de l'éclairage, qui sera d'autant meilleur que les surfaces les plus éloignées seront frappées sous un angle plus ouvert, c'est-à-dire le monument plus élevé : avec 300 mètres, on obtient un angle de 15° au boulevard des Capucines, et de 3°,5 aux fortifications : il y aurait un avantage évident pour un éclairage à longue portée à faire, si c'était possible, les angles moins aigus.

Épure du réflecteur.

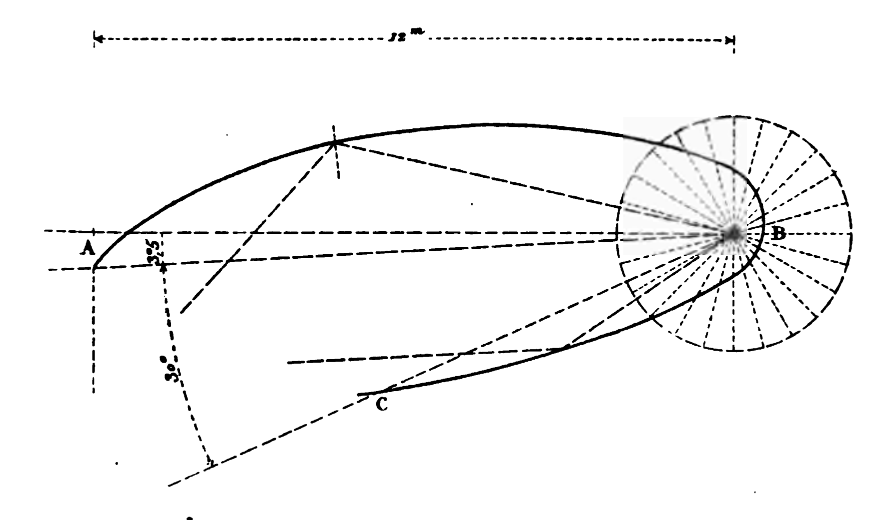
Dans tous les systèmes d'éclairage, on emploie des réflecteurs de formes et de compositions variées : dans beaucoup de cas, pour des éclairages restreints, l'intérêt est médiocre de chercher à éviter les déperditions et de réaliser un maximum d'utilisation.

Mais la question prend de l'importance quand il s'agit d'un appareil aussi puissant que celui qui doit éclairer une grande ville dans toute son étendue. Les déperditions peuvent alors atteindre des proportions énormes ; elles peuvent venir de plusieurs causes : 1° la déperdition vers les espaces célestes ; 2° la déperdition par un éclairage trop intense aux parties centrales ; 3° les déperditions par la nature des substances employées.

Il devient donc nécessaire, dans l'étude d'un appareil d'éclairage de cette importance, de soumettre le problème à une analyse très précise et d'appliquer toutes les données expérimentales qui peuvent conduire à un maximum de rendement.

L'épure du réflecteur a donc été étudiée en vue d'utiliser la totalité des rayons lumineux pour la surface qu'il s'agit d'éclairer, et d'opérer une distribution de lumière aussi égale que possible sur toute cette surface.

Comme on l'a vu, l'éclairage serait produit par 100 lampes disposées en couronne dans le lieu focal d'une surface de révolution les enveloppant de manière à n'envoyer qu'une fraction de la lumière directement, et à réserver, sous forme de lumière réfléchie, la plus grande part pour la distribuer également. Le croquis ci-joint donne le principe de la construction du réflecteur : en le coupant par un plan vertical, on a comme section la courbe A B C.



L'émission de rayons directs est, comme on le voit, limitée, à la branche supérieure, par une ligne faisant un angle de 3°,5 avec l'horizontale, angle donné par une ligne partant du point lumineux à 300 mètres de hauteur pour atteindre les fortifications; à la branche inférieure, par une ligne partant du point lumineux et touchant le sol à 1127 mètres du pied de la colonne. Ces deux lignes limites embrassent un angle de 30 degrés, ce qui donne comme lumière directe environ 1/4 de la lumière totale.

Cette lumière ne peut être distribuée à volonté; elle obéit à la loi de l'intensité de la lumière et donnera, par conséquent, un maximum d'éclairage au point le plus rapproché pour décroître rapidement.

La lumière réfléchie qui forme les 3/4 de la lumière totale émise peut, au contraire, être distribuée à volonté, de manière à la répartir d'une manière uniforme.

A cet effet, un cercle de rayon quelconque est tracé avec le point lumineux comme centre : déduisant les 30 degrés d'ouverture et attri-

buant à la partie centrale le double de la lumière répartie sur le reste de la surface, le complément, ce cercle est divisé en 24 angles égaux correspondant à 24 zones concentriques d'égale surface.

Faisant partir du point C les rayons qui doivent être renvoyés à la distance maximum, chaque quantité angulaire renvoie la lumière sur une partie déterminée de la surface à éclairer jusqu'au point A, où les rayons tombent verticalement pour éclairer la zone centrale. Il suit de là que chaque zone reçoit $\frac{1}{25}$ de la lumière totale réfléchie, à part la première zone qui en reçoit $\frac{2}{25}$.

Ayant ainsi la direction des rayons de direction initiale et de direction réfléchie, la courbe est facile à déterminer par points, en réunissant les tangentes perpendiculaires aux normales par une courbe continue.

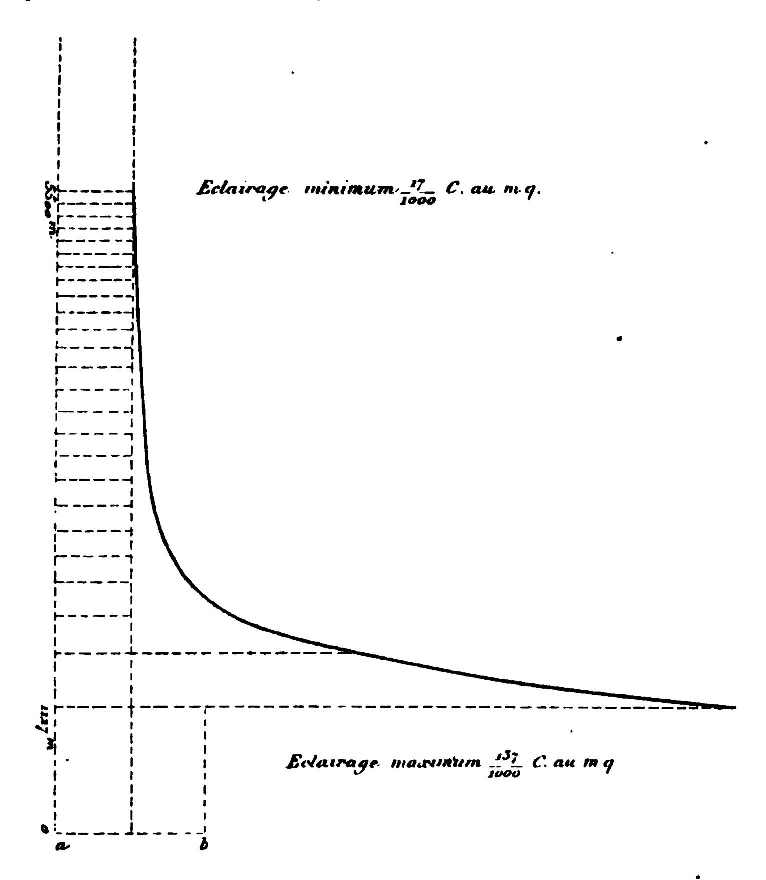
Il résulte de là que la lumière totale réfléchie en faisceaux parallèles étant de 1 500 000 carcels, chaque mètre carré reçoit, la surface totale étant de 95 000 000 de mètres carrés, $\frac{15}{1000}$ de carcel par mètre carré, sauf la partie centrale qui en reçoit $\frac{30}{1000}$. Quant à la lumière directe, nulle à la partie centrale, elle apparaît avec son maximum à la limite déterminée par l'écran pour décroître rapidement suivant la loi d'intensité.

C'est ce que montre le diagramme ci-joint (page 87).

Les abscisses sont les distances de l'origine donnant des zones d'égale surface ; les ordonnées représentent les intensités lumineuses en millièmes de carcel, la ligne *ab* représentant $\frac{30}{1000}$: on voit que ce diagramme présente un relèvement considérable de l'éclairage au point où l'écran laisse passer la lumière directe, ce qui donnerait vers les boulevards un éclairage très intense, qui va d'ailleurs en décroissant rapidement, comme intensité de lumière directe jusqu'aux fortifications, où la lumière atteint le minimum de $\frac{15}{1000}$ carcels par mètre carré.

Au point de vue de la construction, le réflecteur serait en métal argenté ou nikelé avec un poli parfait ; il est en effet démontré que le

pouvoir réfléchissant dépend de la nature du métal et du poli des surfaces, l'or et l'argent étant en première ligne et pouvant réfléchir 97 pour 100 de la lumière reçue.



Je n'ai pas insisté sur le système de lampes à adopter, sur les dispositions nécessaires pour assurer le service : il existe nombre d'excellents régulateurs électriques, d'autres systèmes de lampes sont à l'étude, et les dispositions pour le service sont tout indiquées, car la position des lampes en couronne en rend la surveillance et l'entretien des plus aisés.

CONCLUSION

Le projet qui vient d'être sommairement exposé pourra paraître bien incomplet, et, comme devant nécessiter le concours d'expériences

pour élucider divers points encore obscurs ; toutefois, il y a assez de faits acquis pour que l'on puisse considérer l'éclairage intensif par la concentration en un foyer unique comme réalisable, et comme devant marquer un immense progrès en ce qui concerne l'éclairage des villes.

Si l'on met en regard la dépense de gaz compté à 0 fr. 15 sur 100 000 becs ou 77 000 carcels, et la dépense de force motrice pour produire par l'électricité 2 millions de carcels, on trouve dans le premier cas une dépense journalière de 120 000 mètres cubes de gaz à 0 fr. 15, soit 18 000 fr. par jour; dans le second : 150 tonnes de houille pour les machines à 30 fr., soit 4 500 fr.

Ces deux chiffres mis en regard, lesquels représentent les éléments principaux de la dépense pour l'éclairage public dans les deux cas, montrent toute la portée du progrès à réaliser.

Un résultat de cette importance permet certainement de consacrer une somme considérable à l'édification du gigantesque monument destiné à porter l'appareil d'éclairage à la hauteur exigée ; on peut donc lui donner, comme l'a fait M. Bourdais, le caractère artistique nécessaire pour réunir au but d'utilité publique qu'il réalise, celui d'une œuvre architecturale sans rivale et sans précédent.

La dépense de combustible pour les machines motrices pourrait même être supprimée, en utilisant les chutes d'eau créées par les barrages dans les environs de Paris, sur la Seine et la Marne ; il ne serait pas difficile de trouver les 10 000 chevaux nécessaires dans un rayon de 10 à 15 kilomètres, et de réduire la dépense de l'éclairage électrique, à un simple entretien et à l'amortissement.

Je ferai observer, en terminant, combien ce projet, dont l'exposé est nécessairement bien incomplet, soulève de questions incidentes au point de vue de l'éclairage, de la construction, de la mécanique, et embrasse en réalité les diverses branches de l'art de l'ingénieur.

NOTICE HISTORIQUE

SUR LA

DÉCOUVERTE DES MINERAIS DE NICKEL

DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

PAR M. JULES GARNIER

Dans le numéro de septembre 1884 de notre Société, je lis le compte rendu, fort bien fait, de la visite des ingénieurs belges et hollandais à Paris.

N'étant pas en ville à cette époque, je n'ai pu me joindre à ceux de mes collègues qui ont reçu ces visiteurs, et je l'ai beaucoup regretté à tous égards.

Quoi qu'il en soit, le rapporteur, page 108, parlant de ma découverte des minerais de nickel à la Nouvelle-Calédonie, ajoute seulement à mon nom celui de M. Liversidge, le professeur bien connu de Sydney, ignorant sans doute que d'autres savants se sont occupés de la question, même à des dates antérieures. Comme l'importance du minerai de nickel de la Nouvelle-Calédonie n'est plus discutable, je prends la liberté d'adresser à la Société l'historique de sa découverte et de son étude scientifique, d'après des documents officiels.

Arrivé vers la fin de 1863 en Nouvelle-Calédonie, avec le titre d'Ingénieur, chef du service des mines du gouvernement, je m'occupai tout d'abord d'explorer la contrée et, dès mes premières courses sur les terrains serpentineux, qui abondent dans l'île, je fus frappé de la présence de ce minerai vert, nouveau pour moi, qui n'était autre que le minerai de nickel. Je m'empressai d'adresser plusieurs de ses échan-

tillons au Révérend W. B. Clarke, géologue de la Nouvelle-Galle du Sud, avec lequel je m'étais mis en relation, lors de mon passage à Sydney : nous verrons plus tard l'usage qu'il en fit.

Quant à moi, j'étais de retour en France au commencement de 1867, juste à temps pour exposer mes collections minéralogiques ; elles contenaient onze échantillons de roches désignés sur leur étiquette comme minerais de nickel ou roches nickélifères, et provenant des principaux districts miniers exploités depuis. On peut, encore aujourd'hui, voir ces échantillons, car ma collection est restée exposée au Palais de l'industrie, à l'*Exposition permanente de la marine et des colonies.*

Le premier chimiste qui fit officiellement l'analyse de ce minerai est M. Jannettaz, docteur ès sciences, aujourd'hui maître de conférences à la Sorbonne, qui avait bien voulu, en 1867, me prêter son concours éclairé pour la classification de mes collections.

Le second est M. Terreil, chimiste au laboratoire du Muséum de Paris.

M'occupant surtout de science à cette époque, et d'ailleurs le nickel étant alors un métal bien peu connu, je ne pus que soupçonner la valeur de ma découverte.

Je me souviens même, qu'ayant montré ces minerais, en 1867, à l'un de nos ingénieurs géologues les plus en vue, pour attirer son attention, il ne parut ajouter qu'une médiocre importance à un minerai de nickel quel qu'il fût.

L'illustre Élie de Beaumont, qui voulut bien se charger, sur la demande du ministère de la marine, d'examiner mes rapports et collections, n'attribua pas non plus grand intérêt au nickel, bien que le reste de mes échantillons et travaux l'ait assez intéressé pour qu'il me proposât pour la croix de chevalier de la Légion d'honneur, et que ce fût sur ses instances renouvelées que j'obtins cette distinction.

Toutefois, je ne manquai pas de publier ma découverte ; ainsi, j'écrivais dans les *Annales des Mines* (1867, page 85, *Géologie de la Nouvelle-Calédonie*) :

« Il sera d'un haut intérêt d'étudier plus complètement les gisements du nickel à la Nouvelle-Calédonie et de voir si l'industrie ne saurait point y tirer parti de ce métal, dont le prix, comme on sait, est assez élevé. »

Dans une communication faite à la Société de géologie le 4 mars 1867 (page 452), je décrivais le silicate de nickel, signalais sa fréquence au milieu des roches éruptives magnésiennes, et rappelais les nombreuses analyses des roches nickélifères de mes collections, faites par M. Jannettaz.

Ce dernier, présent à la séance, prit la parole après moi et ajoutait (page 453) :

« ... Enfin, un silicate d'alumine et de magnésie, coloré fortement en vert-pomme par de l'oxyde de nickel, qui remplace en partie cette dernière base, se rencontre également en enduits sur la serpentine et sur les différentes variétés d'Euphotides. »

Dans la même séance (page 447), j'établissais encore que, dans le sud de l'île, on rencontre aussi en nombreux filons, au milieu des serpentines, un *hydro-silicate de magnésie très pur*, à structure mamelonnée et paraissant avoir été précipité là d'une dissolution. M. Terreil, au laboratoire du Muséum, avait indiqué pour ce minéral une composition à peu près identique à celle de la gymnite du Massachussetts : — « Cette roche, d'un blanc jaunâtre, est ailleurs, à Kanala, par exemple, fortement colorée en vert par l'oxyde de nickel. »

Cette dernière description du minerai de nickel calédonien, à l'heure actuelle, me paraît encore très exacte.

D'une façon non détaillée et tout aussi nette, je signalais, à la même époque, le nickel de la Nouvelle-Calédonie dans une foule de publications et, entre autres, au *Monde industriel*, où je fus assez précis dans les lignes suivantes :

« Les serpentines, et, d'une façon générale du reste, toutes les roches qui les accompagnent, sont souvent recouvertes d'un enduit d'un beau vert, qui n'est autre chose qu'un silicate de nickel, d'alumine et de magnésie, Le nickel, à cet état, est si abondant que l'on doit espérer d'en trouver un jour un gisement exploitable (*Richesse minérale de la Nouvelle-Calédonie. — Bulletin de l'industrie minérale*, p. 301, t. XV.) »

Mais, pendant que je m'occupais ainsi de ce minerai en France, W. B. Clarke, le savant géologue de Sydney, adressait aux États-Unis, au professeur Dana, l'un des échantillons que je lui avais envoyés de la Nouvelle-Calédonie : Dana trouva l'espèce nouvelle, elle attira son attention et il promit à Clarke de la décrire dans la prochaine édition de sa minéralogie (*Sydney Morning Hérald* — 1874 — *et Moniteur de la Nouvelle-Calédonie*, 24 juin 1874). C'est ce qu'il fit, en effet, en 1875, dans le : « *Second appendix to the fifth edition of mineralogy — New-York.* » Dana donne le nom de « Garnierite » à cette nouvelle substance, en expliquant que : « d'après ses renseignements particuliers, le minerai a été découvert par Garnier en 1865 et que Garnier, dans un article sur la Nouvelle-Calédonie, mentionne la présence d'un silicate

magnésien hydraté (gymnite) dans des veines de serpentine et ajoute que celui-ci est quelquefois coloré en vert, grâce à la présence d'un silicate de nickel ; ce qui indiquerait que le minerai n'est qu'un mélange. »

Malgré l'abondance du minerai de nickel à la Nouvelle-Calédonie, malgré le grand nombre de chercheurs de mines qui exploraient le pays depuis mon départ, ce n'est que dix ans après, en 1874, qu'un M. Tully adressa, de Nouvelle-Calédonie au laboratoire officiel de Sydney, un échantillon de minerai de nickel; le professeur Liversidge, qui ignorait mes écrits, l'analysa, reconnut le nickel et le signala à la presse locale comme une découverte. Heureusement, le Dr W. B. Clarke put témoigner en ma faveur ; mais il y eut néanmoins une polémique animée à ce sujet, et pour y mettre fin, Clarke fit, sur la question, un long travail qu'il lut devant la « Royal Society of New South Wales, » dont il était vice-président, à la réunion générale du 12 mai 1875[1].

Cet important travail a été traduit et donné en extrait dans *la Revue scientifique* n° 25, 18 décembre 1875, p. 591.

Il n'a pas fallu moins que cette intervention autorisée pour arrêter les débats.

C'est encore à cette date que des personnes, ayant des intérêts à la Nouvelle-Calédonie, me prièrent d'étudier un procédé métallurgique pour ce nouveau minerai : je me mis à l'œuvre avec ardeur ; il y avait peu d'éléments d'étude ; toutefois, je ne tardai pas à acquérir une certitude, c'est qu'il fallait traiter ce minerai par *voie sèche* et c'est dans ce sens que je pris en France, au mois de février 1876, le premier brevet qui eût fait cette revendication. Les avis étaient alors partagés et je me souviens que MM. Christofle et Bouilhet préconisaient exclusivement la voie humide, ainsi que le montrent leurs brevets de la même époque; ils m'objectaient alors, quand j'eus l'occasion de leur parler de mes procédés, qu'ils craignaient que la voie sèche ne donnât trop de déchets, ce qui, pour un métal aussi cher, se traduirait par une grosse perte d'argent. Je vois par la description des procédés qu'ils emploient qu'ils ont changé d'avis, ce qui s'explique par la baisse du prix du nickel.

J'ajouterai que, conformément à mes brevets, j'agissais en partie comme ils le décrivent, à mon usine de Septèmes, dont le directeur était l'ingénieur Thiollier, c'est-à-dire que je fondais le minerai oxydé pour matte par l'addition de plâtre ou de pyrite; mais, dans la fonderie que j'ai

1. *On deep sea soundings and the Geology of New-Calédonia* — Sydney — Thomas Richards, government printer — 1875.

étudiée et construite pour Nouméa et dont le directeur était l'ingénieur Caulry, nous fondions pour *régule* ou *fonte de nikel;* ce qui était plus économique, par suite de l'absence dans le pays de matières sulfureuses à bas prix; nous avions aussi des déchets insignifiants par ce procédé, ce que nous devions aux puissants moyens de réduction dont j'avais armé les fourneaux.

Je termine en émettant l'espoir que ce coup d'œil rétrospectif sur l'industrie du nickel intéressera les lecteurs du bulletin de la Société et qu'ils n'y verront point de ma part une pensée d'amour-propre, mais bien le désir de faire savoir les noms des personnes qui ont concouru avec moi à l'étude de la question.

COMMUNICATION

DE M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS

On a pu lire, page 46, la circulaire adressée par M. le Ministre aux sociétés savantes.

Pour répondre le mieux possible au désir de M. le Ministre, nous publions ci-après les sujets d'étude recommandés par la section des sciences économiques et sociales du Comité des travaux historiques et scientifiques; deux d'entre eux nous semblent s'adresser plus particulièrement aux membres de la Société des Ingénieurs civils.

Nous faisons précéder les énoncés des quatre sujets d'étude recommandés, de remarques préliminaires indiquées par la section des sciences économiques et sociales.

Il y a des questions d'histoire économique ou sociale qui ne peuvent être résolues qu'avec une masse considérable de documents recueillis en des lieux divers et pour des époques diverses. S'il est difficile à un savant d'en rassembler lui-même un nombre suffisant pour embrasser le problème sous toutes ses faces, il est plus facile à un grand nombre de savants d'appliquer, chacun sur un point particulier, l'effort de leur érudition en le dirigeant avec méthode, d'après un plan déterminé, de manière à constituer une sorte d'enquête scientifique. Ce concert peut produire d'utiles résultats pour la science.

C'est dans cette pensée que la section des sciences économiques et sociales du Comité des travaux historiques et scientifiques a posé les présentes questions. M. le Ministre de l'instruction publique et des beaux-arts les adresse aux sociétés savantes, aux correspondants du Ministère et à toute personne qu'elles peuvent intéresser. Le travail de chaque collaborateur peut avoir plus ou moins d'étendue suivant la nature et la quantité des documents; une simple note de quelques

lignes, lorsqu'elle sera comparée avec d'autres données, éclairera souvent un point de la question; ce qui importe, c'est de n'admettre que des faits certains et de faire connaître exactement les sources auxquelles ils auront été puisés. La section des sciences économiques et sociales rendra compte de tous les mémoires qui seront envoyés au Ministre de l'instruction publique et des beaux-arts, et les rapports qu'elle rédigera seront insérés dans son *Bulletin*. Ce périodique publiera également les mémoires les plus importants, et leurs auteurs jouiront, dans ce cas, des droits alloués aux collaborateurs,

I

HISTOIRE D'UN DOMAINE RURAL

On connaît les traits généraux qui constituent l'organisation de la propriété foncière avant et depuis 1789. Mais on ne peut contester, sur ce point comme pour beaucoup d'autres, l'avantage qu'il y a à procéder par monographies. Cette méthode permet de grouper sous une forme concrète et vivante autour d'un seul exemple une foule de détails précis. C'est ainsi qu'il serait instructif et intéressant à un haut degré de reconstruire l'histoire économique de tels ou tels domaines ruraux sur divers points de la France. On les prendrait en remontant aussi loin que possible, de telle façon que l'on pût suivre leur histoire dans la période qui a précédé la Révolution et dans celle qui l'a suivie. Cette reconstruction peut rencontrer des difficultés; mais elle n'est pas impossible. Les éléments en existent dans un certain nombre de terriers et dans les divers documents qu'on rencontre concentrés ou épars dans les archives des communes, chez les notaires ou entre les mains des particuliers.

Assurément les questions auxquelles doit répondre une telle étude sont assez nombreuses et assez diverses pour qu'on ne puisse espérer toujours obtenir des renseignements suffisants pour chacune d'elles. Mais de telles lacunes ne devraient pas rebuter les chercheurs zélés et instruits auxquels nous nous adressons. Leur tâche peut être encore fort utile, même en restant incomplète à quelques égards. L'important est de n'omettre aucune source existante et d'en tirer parti sur le plus grand nombre possible de points susceptibles d'être éclaircis.

A peine est-il besoin de tracer les cadres dans lesquels doit se ren-

fermer une pareille recherche. Elle doit être abondante en faits et sobre d'appréciations. Tout ce qui aurait l'air d'une dissertation doit en être sévèrement exclu comme un hors-d'œuvre. Tout commentaire doit se borner à la simple explication des circonstances qui font comprendre comment un fait s'est produit et qui contribuent à l'éclaircir.

Maintenant quelles sont les questions qui peuvent constituer les éléments de l'historique d'un domaine rural?

Il est clair qu'elles offriront certaines différences essentielles si le domaine a toujours été dans des mains roturières ou s'il a appartenu à une ou à plusieurs familles nobles. Dans le premier cas, il y aurait surtout à se préoccuper des redevances qu'il payait, dans le second de celles qu'il percevait; mais, dans l'un et l'autre cas, les diverses charges féodales subsistant avant la Révolution viendraient se grouper autour de ce domaine avec indication de la nature et de la quantité de chacune d'elles.

Voici quelles sont les questions principales auxquelles il y aurait lieu de répondre et dans quel ordre elles nous paraîtraient devoir être présentées :

1° On indiquerait le nom du domaine et celui de la localité où il est placé, son étendue et sa contenance actuelles, cultures, bétail, bâtiments, etc. Cette première vue se bornerait à un état descriptif assez rapide de la nature et de la valeur des terres, de manière à ne pas tomber dans des doubles emplois par les réponses plus détaillées adressées aux questions qui doivent suivre.

2° On ferait connaître par quelles mains le domaine a passé depuis le point de départ de l'étude, quels morcellements il a subis, ce qu'il a pu gagner ou perdre pour la valeur et le revenu sous ses propriétaires successifs, quelles transformations principales a subies la culture, quels propriétaires y ont résidé et quelle influence a pu avoir leur action personnelle ou leur absence. On donnera le prix de vente à chaque changement de propriétaire.

3° On rappellera tout ce qui concerne les baux et les divers systèmes d'amodiation; on signalera la durée et les clauses principales de ces baux à la charge du bailleur ou du preneur, les obligations du fermier entrant à l'égard du fermier sortant, les usements locaux dignes de remarque. On recherchera si la location a eu lieu en bloc ou morcelée, si l'exploitation par le tenancier s'est faite au moyen de sous-locations ou à l'aide d'ouvriers agricoles. On indiquera si le métayage

a joué un rôle dans l'exploitation, sous quelles conditions il a été pratiqué et quels effets il paraît avoir eus. Dans tous ces cas, on fera connaître quelle a été la part en argent ou en nature afférente au propriétaire, aux fermiers et aux colons.

4° Indication des charges *réelles :* taille ou impôt foncier, dîmes, taxes diverses établies sur la propriété rurale. Indication des charges *personnelles* qui pesaient autrefois sur les tenanciers ou les colons : capitation, services de corps, etc. C'est ici, dans la supposition que le domaine aurait été possédé par le seigneur, qu'il y aurait lieu de faire connaître, outre les impôts qu'il aurait eu lui-même à payer, les diverses redevances féodales dont il aurait bénéficié, soit de la part des fiefs compris dans sa mouvance et payables en argent ou en denrées, soit de la part des paysans corvéables. On retournerait les termes de la question si ce domaine avait été lui-même un de ces fiefs, c'est-à-dire qu'on établirait ce qu'il a dû payer sous diverses formes à l'État, à la seigneurie et au clergé.

On constatera de même les diverses impositions à la charge du domaine depuis 1789.

Enfin, soit sous l'ancien régime, soit sous celui qui lui a succédé, on établira le montant des droits de mutation par décès ou entre vifs payés soit à l'État, soit à des seigneurs.

5° Il serait intéressant de déterminer également la condition matérielle des familles de propriétaires, de tenanciers ou de colons qui, aux différentes époques, ont habité le domaine; leur genre de vie, leur alimentation, la disposition de leur demeure avec ses dépendances, la disposition des bâtiments de ferme, la consistance du mobilier. Les livres de raison ou de compte, les actes de vente ou de donation et surtout les inventaires après décès pourront fournir sur ces divers points des indications précises.

II

L'ÉTAT ET LA VALEUR DE LA PROPRIÉTÉ BATIE

La connaissance des changements qu'a éprouvés la propriété bâtie dans les diverses parties de la France intéresse l'histoire des mœurs et l'histoire économique de notre pays. L'économie politique même y trouverait des renseignements ou des exemples dont elle tirerait assurément profit.

Il y a déjà des travaux de ce genre. Il serait utile de les multiplier et de former une ample collection de faits étudiés avec soin, à l'aide de documents authentiques, dans des conditions et dans des régions diverses. Ces documents existent en très grand nombre, particulièrement dans les archives des notaires et des établissements de bienfaisance et dans des papiers de famille.

La monographie, c'est-à-dire la description d'une propriété unique, est la méthode qui convient le mieux à une recherche de ce genre; plus longue sera la période pendant laquelle elle pourra suivre l'histoire de l'immeuble, plus elle sera instructive. Cependant l'étude comparée de plusieurs propriétés, groupées dans un quartier d'une ville ou dans un village, peut aussi conduire à un résultat utile. Il importe moins de tirer immédiatement de chaque travail particulier une conclusion d'ensemble sur les variations de la valeur en France que de donner des faits certains, recueillis par des recherches d'érudition et choisis avec critique, et d'en rassembler le plus grand nombre possible. C'est une œuvre collective qui sera d'autant plus profitable à la science qu'elle comptera plus de collaborateurs; le rapprochement et la comparaison des travaux particuliers permettront sans doute d'arriver à une connaissance générale des changements de valeur de la propriété et des lois économiques qui les ont produits.

C'est pourquoi la section des sciences économiques et sociales propose cette question à l'étude des sociétés savantes, des correspondants du Ministère de l'instruction publique et des savants qui s'intéressent à ces problèmes. Elle appelle particulièrement leur attention sur les points suivants :

1° La description aussi exacte que possible de la propriété, comprenant l'étendue des terrains non bâtis, cours, jardins, etc., et des constructions qui la composaient; la nature des bâtiments, la distribution des locaux, les matériaux employés;

2° L'examen des causes qui ont modifié cet état dans la suite des temps;

3° La série des transmissions de la propriété par vente, héritages, donation, etc.;

4° La valeur de la propriété bâtie, constatée par des actes de vente, par des inventaires, etc.;

5° Les impôts, charges et servitudes que la propriété a eu à supporter;

6° Le nombre des habitants de la maison ou des maisons à diverses époques et leur état social;

7° Si les bâtiments n'étaient pas occupés par les propriétaires, le prix et les conditions de la location, particulièrement, la durée des baux;

8° Les impôts et charges autres que le loyer, qui incombaient aux locataires, indépendamment des charges supportées par les propriétaires;

9° Les changements survenus dans l'état économique et social de la localité, qui ont exercé une influence sur la valeur de la propriété et sur le taux des loyers;

10° Parmi ces changements, la construction de maisons et l'agglomération de la population dans le voisinage, sur lesquelles il convient d'insister, parce qu'elles sont au nombre des causes qui influent le plus sur la valeur des immeubles.

III

EFFETS ÉCONOMIQUES D'UNE NOUVELLE VOIE DE COMMUNICATION

Personne ne songe à nier les bienfaits qui peuvent résulter pour l'économie générale d'une région, de l'ouverture d'une voie de communication nouvelle, propre à faciliter le mouvement des hommes et des choses. Mais on a rarement pris la peine d'observer et d'exposer, avec la précision que comporte la méthode monographique, les effets particuliers produits sur un point déterminé du territoire national par la création d'un pont, d'une rue, d'une route, d'un tramway, d'un chemin de fer, d'un canal, d'un port. Un pareil travail, pour peu qu'il émane d'un esprit clairvoyant, observateur et juste, rendra toujours de réels services. Les théoriciens y trouveront un moyen de contrôle pour leurs déductions et il en découlera de précieuses leçons pour tous ceux qui concourent, de près ou de loin, à la direction des travaux publics : c'est en se rendant un compte bien exact du plus ou moins d'utilité des ouvrages déjà exécutés qu'on peut arriver à mesurer la productivité probable de ceux qui sont encore à l'état de projet, et à assurer ainsi le meilleur emploi possible aux ressources dont un pays dispose pour le développement de ses voies de communication.

En recommandant ce genre d'enquêtes à tous ceux qui seraient en situation de les entreprendre, il convient d'indiquer les principales questions qu'ils auront à se poser, sans que rien d'ailleurs fasse obstacle à ce que le cadre adopté diffère sur certains points de celui qu'on va tracer ici.

1° Décrire la voie nouvelle dont on se propose d'analyser les effets économiques. Dire par quelles initiatives et dans quelles conditions elle a été conçue, tracée, créée. Le montant de la dépense et la nature des ressources sont des données qu'il serait bon de mettre en regard des résultats obtenus.

2° Expliquer quelle était la situation antérieure de la contrée desservie et pourquoi le besoin d'un nouveau moyen de circulation se faisait sentir.

3° Montrer l'influence directement exercée sur la rapidité, sur le prix, sur la sécurité des voyages ou des transports.

4° Rechercher dans quelle mesure il peut y avoir eu déplacement, développement ou création de trafic.

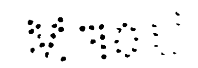
5° Passer de ces effets directs aux effets indirects; rechercher la nature et l'importance des services rendus à l'agriculture, à l'industrie, au commerce.

6° Indiquer, s'il y a lieu, les exploitations nouvelles qui ont pris naissance sur le parcours de la nouvelle voie et qu'elle a contribué à rendre possibles.

7° Rechercher l'influence exercée, tant aux lieux de production qu'aux lieux de consommation, sur les prix des produits dont la voie nouvelle rend le transport plus prompt ou moins coûteux.

Souvent ce ne sera point seulement dans l'ordre des faits économiques, mais aussi dans l'ordre des faits sociaux, que certaines transformations se seront produites. Les chemins de fer, partout où ils pénètrent, modifient les habitudes et les mœurs des populations. Il y a encore là matière à d'instructives observations; mais il conviendra d'y faire plus de place à la constatation des faits qu'aux considérations personnelles.

Ce qu'on ne saurait éviter avec trop de soin dans un travail comme celui dont on vient d'esquisser le programme, c'est de confondre les effets et les causes, et d'attribuer à l'exécution d'un travail d'utilité publique d'autres résultats que ceux qu'il a réellement produits.



IV

ÉTUDIER, POUR UNE RÉGION DÉTERMINÉE, LES MODIFICATIONS QUI SE SONT INTRODUITES DANS LA PRATIQUE DES RÉGIMES MATRIMONIAUX DEPUIS LE CODE CIVIL.

L'ensemble des règles du Code civil sur le régime des biens entre époux se ramène aux trois points fondamentaux suivants :

1° Liberté pour les futurs époux de faire à leur gré leurs conventions matrimoniales ;

2° Détermination d'un régime, dit *de droit commun*, applicable à défaut de conventions différentes régulièrement faites ;

3° Organisation dans la loi même, à côté du régime légal, des principales variétés ou combinaisons de régimes antérieurement en usage dans les diverses parties de la France.

De cette manière le législateur, en un sujet qui intéressait de si près des habitudes séculaires, a laissé toute facilité pour le maintien des usages établis, comme aussi toute liberté de s'en écarter sous l'empire des influences de l'ordre moral ou de l'ordre économique qui pourraient se produire dans le mouvement de la société.

Il serait intéressant de rechercher dans quel sens s'est exercée cette liberté, si elle a amené la persistance des diversités antérieures, si, au contraire, la pratique tend à une certaine unité par la préférence accordée à un régime déterminé, ou enfin si, la variété s'étant maintenue, il ne s'est pas opéré un changement dans la distribution en quelque sorte régionale des différents régimes et en même temps des modifications dans la pratique de chacun d'eux. Cette recherche doit avoir pour point de départ et pour base une série d'enquêtes locales aussi nombreuses que possible, dont chacune, à côté de la constatation des faits, s'efforcerait d'en dégager les causes, et, s'il y a lieu, d'en marquer les conséquences.

Voici, résumés sous forme de questions, les points principaux sur lesquels devrait se porter l'attention :

1° Quel était le régime matrimonial en usage dans la région avant le Code civil, soit sous la législation ancienne, soit sous la législation intermédiaire ? Quelles étaient les clauses usitées dans la pratique pour déroger en certains points au régime établi par la coutume ?

Quels traits distinctifs la jurisprudence locale avait-elle imprimés à tel régime type, spécialement s'il s'agit du régime dotal ?

2° Quelles modifications se sont introduites en cette matière dans la région depuis le Code civil ? Ces modifications se sont-elles produites suivant une tendance à se rapprocher du régime de droit commun établi par ce Code ou au contraire dans un sens opposé ?

3° Quels changements se sont introduits dans la pratique d'un régime déterminé ? Quels ont été les procédés employés pour amener ces changements et, en particulier, quelles sont les modifications qui ont été apportées à la formule des clauses du contrat de mariage ?

4° Quelles sont les raisons d'ordre économique ou d'ordre moral qui expliquent, soit la persistance de la tradition locale, soit les modifications apportées à la pratique antérieure au Code civil ou encore à la formule des clauses usitées dans l'établissement d'un régime déterminé ?

5° Quelles ont été, dans l'ordre économique ou dans l'ordre moral, les conséquences observées de la pratique d'un régime déterminé et des changements introduits dans les conventions matrimoniales en usage ?

6° La pratique révèle-t-elle que la législation du Code civil en matière de conventions matrimoniales mette obstacle à la satisfaction de quelque intérêt ou de quelque besoin légitime soit dans l'ordre économique, soit dans l'ordre moral ?

CHRONIQUE

Sommaire. — La force motrice dans les forges et aciéries. — Travaux des Sociétés d'Ingénieurs. — Richard Trevithick. — Agrandissement d'un tunnel. — Navigation sur les lacs des États-Unis. — Distribution d'eau de Stuttgart.

La force motrice dans les forges et aciéries. — Nous avons, dans la Chronique de décembre 1884, à propos de l'essai fait d'une distribution Corliss sur une machine locomotive, mentionné les notices nécrologiques publiées sur Alexandre L. Holley, ingénieur américain des plus éminents.

Dans le recueil de ces notices, publié sous le titre de *Memorial of Alexander Lyman Holley,* se trouvent reproduits un certain nombre de discours prononcés par le défunt, entre autres une adresse à l'occasion de la réunion à Cleveland de l'Institut Américain des Ingénieurs des mines ; le titre de ce discours est : *Some pressing needs of our iron and steel manufactures*, c'est-à-dire traduit littéralement : Quelques besoins urgents de nos forges et aciéries. L'auteur y cite quatre points : la force motrice à bon marché, les améliorations à apporter au chauffage des fours, les matériaux réfractaires, et l'utilisation des déchets.

Bien que ce discours remonte à 1875, il nous semble que la première partie tout au moins est toujours d'actualité et applicable à tous les pays ; nous croyons donc intéressant de la reproduire.

La dépense de combustible des machines desservant un matériel Bessemer ordinaire du type américain, machines consommant de $2^k,25$ à $2^k,70$ par cheval et par heure, s'élève à environ 7 f. 50 par tonne de lingots. Les constructeurs de machines sont prêts à garantir une consommation de $1^k,10$ à $1^k,20$ et on sait que beaucoup de machines, soit fixes, soit surtout marines, ne dépensent pas actuellement beaucoup plus de 1 kilogramme de combustible par cheval et par heure. La réduction de moitié de la consommation de combustible couvrirait le quart de la main-d'œuvre totale employée à la production des lingots, ou bien la totalité de la dépense en matières réfractaires ou encore la totalité des droits de brevets. Dans certaines aciéries, le montant de cette économie ne s'élèverait pas à moins de 250 000 francs par an.

La dépense moyenne de combustible pour les machines d'un train à rails et d'un train *blooming* est de 7 fr. 50 par tonne de rails. Bien que les machines de laminoirs aient sur les machines soufflantes l'avantage d'un

fonctionnement à plus grande vitesse et souvent d'une construction plus soignée, il est toutefois probable que, si on prenait l'ensemble des aciéries américaines, on pourrait opérer une réduction d'un tiers sur cette partie de la dépense, soit une somme de 875 000 francs par an.

L'emploi des machines économiques n'est plus aujourd'hui une exception. On sait qu'il a opéré une révolution dans la navigation transatlantique; mais à terre même, dans des contrées où le combustible est cher, comme dans certaines parties des États-Unis, on a obtenu des résultats très remarquables; on peut citer la machine des laminoirs des aciéries de Troy; c'était une machine ayant un cylindre de $1^m,35$ de diamètre et $0^m,91$ de course qui consommait la vapeur de 5 chaudières; on lui a substitué une machine Corliss à cylindre de $1^m,10$; on fait 30 pour 100 de plus de travail et on a pu supprimer trois des cinq chaudières; l'économie de combustible a été de 125 000 francs par an.

Il n'est pas contestable que les fours à régénérateurs ne soient destinés à remplacer les systèmes actuels de chauffage, ce qui supprimera l'emploi des chaleurs perdues pour la production de la vapeur. Il y aura donc lieu de se préoccuper d'avoir des machines et chaudières économiques. A ce moment, chaque demi-kilogramme de charbon économisé par cheval et par heure aura une importance considérable et fera de grosses sommes par sa multiplication.

Les machines soufflantes américaines dépensent généralement beaucoup de vapeur à cause de leur faible vitesse de fonctionnement et de leur distribution vicieuse. Le premier est probablement le défaut le plus grave et le moins reconnu des machines à vapeur.

Lorsque la vapeur entre dans le cylindre, mettons à 4 1/2 kilogrammes de pression, ce qui correspond environ à 145 degrés centigrades, une partie se condense contre les parois du cylindre pour porter ces parois à sa propre température.

Si l'échappement se fait à l'air libre, la température tombe à 100 degrés et les parois du cylindre évaporent de l'eau aux dépens de leur chaleur propre en retombant elles-mêmes à 100 degrés; comme la vapeur formée s'échappe dans l'atmosphère, ce calorique est entièrement perdu. A chaque course, les parois empruntent à la vapeur qui arrive une certaine quantité de calorique qu'elles transmettent à l'échappement. Ceci établi, on peut supposer idéalement un piston animé d'une vitesse telle que les parois du cylindre n'aient pas le temps de s'échauffer ni de se refroidir, ces transmissions de chaleur exigeant un temps matériel, et d'autre part un piston se déplaçant si lentement que les condensations par les parois du cylindre soient portées au maximum.

En pratique, le diagramme d'indicateur qui donne le travail réel effectué par la vapeur dans le cylindre indique une légére différence, due à cette cause, entre les machines à fonctionnement rapide et à fonctionnement très lent.

Beaucoup de machines de laminoirs en Amérique appartiennent à de

bons modèles, mais, bien qu'elles fonctionnent en général à des vitesses assez considérables, les consommations de 2 1/2 kilogrammes et plus par cheval et par heure sont encore trop fréquentes. Qu'est-ce donc avec les machines sans détente ni condensation, dans les endroits où le charbon est cher et où on obtient la vapeur par chauffage direct?

Pourquoi ce gaspillage de combustible et le peu d'attention qu'on y porte? Les directeurs d'usines ont une réponse toute prête. Ce qu'il leur faut, c'est une machine simple, robuste, qui demande peu de surveillance et qui n'éprouve point d'accidents. Examinons un peu ces raisons. Demander peu de surveillance pour une machine est tout simplement ridicule ; on trouve en effet une masse de machines dont les pistons fuient, dont les pièces sont hors d'axes et qui, chaque année, coûtent d'énormes frais de réparations, mais qui sont conduites par des machinistes payés un ou deux francs de moins que d'autres. Exiger au contraire qu'une machine ne soit pas sujette à se mettre en morceaux sans prévenir au milieu de l'exécution d'un marché à délai de livraison rigoureux, c'est autre chose. Mais il est absurde de conclure que, parce qu'un moteur dépensera peu de vapeur, il sera, par cela même, plus sujet qu'un autre à éprouver des avaries graves. La navigation transatlantique s'effectue, on peut dire uniquement, avec des machines Compound, lesquelles dépensent de 1 kilogramme à 1k,20 de combustible par cheval et par heure[1] et sont exposées à chaque mouvement de tangage du navire, c'est-à-dire plusieurs milliers de fois par voyage, à des chocs violents par suite des variations de résistance qu'éprouve le propulseur qui plonge dans l'eau ou s'émerge, chocs qui ébranlent le navire d'un bout à l'autre; ces machines éprouvent rarement des ruptures malgré ces conditions de marche extrêmement dures. L'auteur a eu l'occasion d'examiner très attentivement et en détail le fonctionnement de onze machines appartenant à un type économique, très parfait de disposition et de construction, le type Porter-Allen ; il a pu se convaincre que ces machines ne subissaient ni usure plus grande, ni accidents plus fréquents que les machines ordinaires. Elles avaient de 2 1/2 à 6 ans de service et quelques-unes n'avaient encore subi aucune grosse réparation.

On doit reconnaître que quelques-unes des premières machines Corliss étaient construites avec un peu trop de légèreté, mais cela n'a rien à voir avec le principe même sur lequel repose l'économie de marche de ces machines.

La régularité de marche et la durée de bon fonctionnement d'un moteur à vapeur dépendent des bonnes proportions, de la qualité des matières et de l'exécution. Un piston qui reçoit, à l'ouverture à l'admission, la totalité de la pression de la vapeur, éprouve plus de fatigue qu'un autre qui n'en reçoit que 60 à 70 pour 100 et encore quelquefois à un point notablement avancé de la course, comme cela peut se voir avec certaines machines mal réglées; mais, dans le premier cas, l'effort initial de la vapeur sert à mettre en mouvement les pièces à mouvement alternatif

1. Ceci était écrit en 1876.

d'une masse considérable qui restituent leur puissance vive à la manivelle lorsque l'effort diminue sur le piston par suite de la détente de la vapeur, de sorte qu'en définitive, contrairement à ce qu'on peut penser, une machine bien réglée n'éprouve pas nécessairement plus de fatigue sur le bouton de manivelle qu'une machine où la distribution de la vapeur se fait mal. Si le choc brusque de la vapeur sur un piston de machine à vapeur est si dangereux, qu'arriverait-il avec des marteaux-pilons de 10 tonnes, tombant de 2 mètres à 2m,50 ? Ces marteaux-pilons fonctionnent des années. Certains systèmes de distribution de vapeur économiques ne sont pas compliqués, et ceux qui sont les plus compliqués fonctionnent sans le plus léger effort ; on ne peut donc pas dire qu'ils fatiguent beaucoup et sont sujets à des ruptures. Enfin les machines de laminoirs, grâce à l'interposition d'un volant, sont à l'abri des chocs les plus dangereux, ce qui n'est pas le cas des machines marines.

L'objection basée sur le fait que des moteurs sont plus sujets à accidents et à arrêts parce qu'ils dépensent peu de vapeur, ne tient pas debout. Si les constructeurs ne font pas ces machines assez solides, le maître de forges ou son ingénieur n'ont qu'à examiner les plans avant de faire leur commande et à demander les modifications nécessaires. Il ne manque pas d'exemples de machines robustes pour servir de point de comparaison. On peut dire aussi que plus d'accidents et d'arrêts sont arrivés par le bas prix qu'on paye certaines machines que par toutes les autres causes réunies.

On est souvent porté à chercher à éviter le remplacement d'une machine en l'améliorant par l'addition d'un condenseur, par le changement de la distribution, celui du cylindre au besoin pour augmenter la détente, par l'accélération de la vitesse au moyen d'une modification dans les transmissions. Tout cela peut produire une économie de combustible, mais ce n'est pas une amélioration réelle ; le coût de la machine est augmenté par ces modifications et l'existence d'un moteur médiocre tend à s'éterniser. Un propriétaire d'usine qui a une fois commencé à modifier sa machine, ne la change jamais. Or, la meilleure manière d'utiliser une machine d'un type défectueux est encore de la mettre à la ferraille. On donne quelquefois pour raison qu'un changement de moteur exige une dépense importante. Il serait singulier qu'un établissement qui peut perdre 100 000 francs par an en dépense inutile de charbon ne puisse consacrer la moitié de cette somme pendant quelques années à l'amortissement des frais d'établissement de nouveaux moteurs.

Le problème est plus compliqué en ce qui concerne les machines soufflantes ; ce n'est plus une simple question de distribution de vapeur plus ou moins parfaite.

Le piston à air ne doit pas marcher vite et le piston à vapeur ne doit pas aller lentement.

On satisfait à ces conditions avec une paire de petits cylindres fonctionnant par exemple à 150 tours par minute, actionnant par engrenages un

grand cylindre soufflant donnant 25 coups doubles par minute; les engrenages n'ont pas dans ce cas les inconvénients qu'ils présentent lorsque c'est le pignon qui est conduit. Avec cette disposition qui assure aux pistons à vapeur une grande vitesse, on réalise autant d'économie qu'avec une machine Compound et cela à moins de frais.

Le système Compound a certainement donné d'excellents résultats dans les machines marines, les machines élévatoires, les machines soufflantes, etc., mais il implique l'usage de la condensation[1] et par suite la nécessité d'une grande quantité d'eau ou de bassins de refrigération très étendus, ce qui entraîne des dépenses considérables, ou même est, dans certains cas, absolument impraticable.

L'indicateur doit être employé régulièrement, non pas le premier indicateur venu qu'on trouve dans le commerce, mais l'indicateur Richards construit par Elliott frères, On peut affirmer qu'il est impossible de maintenir une machine à une marche très économique sans l'emploi régulier de l'indicateur qui révèle si les fonctions du moteur s'opèrent normalement; c'est, pour employer une comparaison un peu vulgaire mais très exacte, la manière de tâter le pouls d'une machine. A part l'installation première qui exige une dépense de quelques centaines de francs, la prise de diagrammes une fois par semaine ne coûte absolument rien et peut faire économiser beaucoup d'argent.

Il y a énormément de chaudières défectueuses et il ne peut en être autrement, si on considère les innombrables proportions différentes qu'on rencontre dans les éléments principaux, surface de grille, surface de chauffe, volume de chambre de combustion, etc.

Heureusement pour les propriétaires d'usines, les chaudières exigent des changements moins radicaux que les machines. Mais les modifications, si elles sont relativement faciles, n'en doivent pas moins être basées sur des principes scientifiques. Agrandir une grille trop petite ou activer le tirage quand la chambre de combustion est trop exiguë est un remède à la portée de tout le monde, mais dont les effets ne sont pas tres considérables. Si le propriétaire de la chaudière n'a pas les connaissances nécessaires, il fera une dépense très profitable en recourant aux conseils d'un ingénieur compétent. Il faudra même le faire assez souvent, car les défauts des chaudières et de leur installation ne sont pas toujours très faciles à reconnaître, et si, dans bien des cas, le mal réside uniquement dans les gages trop faibles donnés au chauffeur, il n'en est pas toujours ainsi. Il est impossible d'obtenir avec le chauffage à bras d'hommes une combustion parfaite, mais cependant on a droit de demander des résultats satisfaisants; l'emploi de jets de vapeur avec entraînement d'air sur la surface du combustible embrasé est un moyen commode et efficace d'améliorer la combustion, mais l'idéal est le chauffage mécanique employé à Barrow et dans quelques

1. Nous rappelons toujours que ceci était écrit en 1875; on fait aujourd'hui des machines Compound sans condensation.

autres usines anglaises. La question seule de la production économique de la vapeur exigerait un volume.

Travaux des Sociétés d'Ingénieurs. — L'*American Engineer* traite, dans un de ses numéros récents, une question dont l'intitulé se traduit littéralement ainsi : *Comment peut-on prévenir la présentation de mémoires médiocres aux Sociétés d'Ingénieurs américaines?*

L'auteur est d'avis que l'examen préalable n'est pas suffisant pour écarter les travaux sans valeur, qui, semblerait-il, forment dans les Sociétés américaines une proportion qui est loin d'être négligeable; si cet examen est confié à une commission, les membres de cette commission ont rarement le temps d'apporter beaucoup d'attention à cette tâche ; c'est alors, en fait, une seule personne, un secrétaire par exemple, qui examine les mémoires présentés, et on est dès lors exposé à voir le désir d'obliger ses collègues ou la crainte de leur être désagréable rendre ce juge unique trop indulgent et lui faire réserver ses sévérités uniquement pour des élucubrations poussant l'absurdité à ses dernières limites.

Un mauvais travail lu devant une Société d'Ingénieurs lui fait plus de tort que trois excellents mémoires ne lui donneraient de crédit au dehors et, de plus, il a pour effet immédiat de faire déserter les séances.

Il ne suffit pas de dire que la Société n'est pas responsable des opinions exprimées par ses membres et des assertions contenues dans les travaux lus devant elle. C'est rigoureusement exact et cela fait très bien en tête des publications. Mais lors même qu'on l'imprimerait en gros caractères au bas de chaque page, il n'en résulte pas moins que la Société a la responsabilité morale, au point de vue de la profession, des travaux qu'elle publie. Autrement à quoi servirait l'examen préalable qu'indiquent les statuts de presque toute les Sociétés? Autant vaut avouer qu'il n'a pour but que de faire un triage grossier destiné à écarter les absurdités par trop énormes.

Le mal auquel il vient d'être fait allusion est assez sérieux dans les sociétés américaines pour que la question mérite d'être discutée, et l'*American Engineer* annonce qu'il ouvre ses colonnes à toutes les observations qui pourraient lui être adressées sur cette question.

En attendant, il lui semble que c'est dans la pratique de l'*Institution of Civil Engineers* qu'on doit chercher l'exemple à suivre.

Les comités ou conseils des Sociétés doivent préparer des listes de sujets à traiter dans les mémoires ; les travaux présentés sont examinés et classés ; les meilleurs sont lus, imprimés et récompensés s'il y a lieu ; on a, par ce moyen, d'excellents travaux et les sujets importants qui en font l'objet arrivent ainsi à être élucidés d'une manière complète et satisfaisante.

On pourrait avoir une commission spéciale pour chaque catégorie de travaux, laquelle serait chargée de l'examen des mémoires correspondants. Cet examen serait nécessairement fait avec soin, car, portant sur plusieurs mémoires traitant le même sujet, il exige une attention que ne comporte pas la lecture de mémoires sur des sujets différents. D'ailleurs cette espèce

de concours produirait entre les membres d'une Société une émulation de nature à amener d'excellents résultats pour la vitalité et la prospérité morale de l'Institution.

Une pratique dont l'effet est désastreux au point de vue de la valeur des travaux présentés est la sollicitation de ces travaux ou leur caractère obliagtoire. Il y a en effet deux mauvais côtés; d'abord les membres auxquels on demande un travail à titre gracieux ou obligatatoire, sont rarement disposés à y consacrer beaucoup de temps et de peine; ils s'acquittent donc généralement de cette tâche d'une manière telle quelle : d'autre part, il est assez difficile à la Société de refuser un mémoire qu'elle a sollicité ou réclamé. En tout cas, toute demande de mémoire devrait être faite sous forme de circulaire imprimée adressée à chaque membre en particulier, un temps assez long avant les réunions, indiquant les sujets à traiter avec quelques détails à cet égard et insistant sur ce point que les mémoires devront être déposés un mois au moins avant la séance où ils devraient être lus. On aura ainsi un temps suffisant pour se rendre compte de la valeur du travail et, s'il est admis, le faire imprimer et distribuer avant la séance, de manière à en rendre la discussion utile et facile.

On pourra objecter que ces restrictions auront pour effet de réduire le nombre des mémoires présentés. Il est probable que c'est ce qui aura lieu pendant les premiers temps, mais la qualité supérieure des travaux sera une source d'émulation pour les membres et, d'ailleurs, il vaut infiniment mieux pour une société d'ingénieurs ne recevoir qu'un choix restreint de mémoires au lieu d'une avalanche de travaux généralement sans valeur sérieuse.

En Amérique, les Sociétés ont toujours trop de mémoires, car elles ne disposent que d'un temps insuffisant pour la lecture et la discussion.

Si la discussion de ce sujet amène quelques observations intéressantes, nous en ferons part à nos collègues.

Richard Trevithick. — En parcourant un abrégé de la vie de Richard Trevithick, nous avons trouvé l'indication suivante qui présente un intérêt d'actualité. En 1833, c'est-à-dire quelques jours avant sa mort arrivée le 22 avril de cette même année, Trevithick soumit au roi d'Angleterre un plan pour l'érection d'un monument de 1 000 pieds (305 mètres) de hauteur, destiné à rappeler le vote du bill de réforme.

On remarquera l'identité de la hauteur de ce plan avec celle des projets présentés récemment. Nous n'avons pu retrouver aucun détail sur ce sujet.

Trevithick avait étudié presque toutes les parties de l'industrie mécanique et y avait apporté de remarquables perfectionnements : il est l'inventeur de la pompe à piston plongeur, il a établi la première drague à chapelet avec moteur à vapeur, construit les premières caisses à eau en fer pour conserver l'eau à bord des navires, il a étudié un travail sous la Tamise, une machine à faire le froid par la détente de l'air comprimé, le propulseur à hélice

dès 1815, des affûts de canon de forme perfectionnée, etc. Mais ses travaux sur la machine à haute pression et la locomotive sont son principal titre de gloire. Il construisit dès 1804 une locomotive pour chemin de fer. Il ne lui fut d'ailleurs rendu aucune justice par ses contemporains. Voici ce que dit Zerah Colburn dans son *Histoire de la locomotive.*

Au point de vue de l'invention, personne n'a plus fait pour la locomotive que Trevithick. Il fut le premier qui s'affranchit complètement des embarras de la condensation et des pressions nulles ou même négatives du système de Watt, le premier qui employa des chaudières à foyer et surface de chauffe intérieurs, le tirage par l'envoi dans la cheminée de la vapeur d'échappement, un cylindre horizontal et un arbre coudé, ainsi que la disposition de deux cylindres conjugués avec manivelles à angle droit, le cylindre placé dans l'air chaud à la base de la cheminée; il fut enfin le premier qui construisit une locomotive fonctionnant sur une voie ferrée par adhérence, principe des locomotives actuelles. Trevithick et George Stephenson étaient contemporains. La première locomotive que vit le second qui devait passer plus tard pour le père de ce genre de machines, avait pourtant été faite par le premier; ils eurent d'ailleurs des relations personnelles depuis.

La réussite de ces deux hommes a été bien différente. Il n'est que juste de dire que le génie de Trevithick, incontestablement brillant, était d'une nature peu pratique et que ses inventions étaient présentées de manière à pouvoir difficilement amener un bénéfice immédiat et direct pour la société. Il manquait absolument de qualités commerciales. Du reste, tout en constatant ces faits, il faut se garder d'être trop sévère. Trevithick eut, comme bien d'autres, le malheur de devancer son époque, et il en résulta pour lui de grandes difficultés à mettre ses idées en pratique. Il ne faut pas perdre de vue que, lorsqu'il construisit ses premières machines dans les Cornouailles, on n'y savait pas ce que c'était qu'une tôle; les seuls outils qu'on rencontrait était ce qu'on trouve aujourd'hui chez un maréchal de village. Le monde n'était pas préparé pour ces inventions, personne n'avait besoin de locomotives, et, si la démonstration faite à Londres par Trevithick en 1808, par le fonctionnement en public, sur une voie ferrée circulaire, à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, de sa locomotive *Catch me who can* (m'attrape qui pourra), pesant 10 tonnes, était absolument celle de notre système actuel de chemins de fer, cette démonstration ne convainquit personne, les capitalistes surtout, et Trevithick fut ruiné.

Il aurait cependant pu réussir, s'il ne s'était pas laissé détourner par des perspectives de fortune dans l'exploitation des mines d'or de l'Amérique du Sud; il resta dix ans parti, en revint plus pauvre qu'avant, et trouva le champ qu'il avait ensemencé en train d'être récolté par d'autres; la santé et l'énergie lui manquèrent pour reprendre sa place. N'attendant plus rien de ses contemporains, il espérait un meilleur traitement de la postérité, comme on peut en juger par cette lettre touchante adressée à son ami Davies Gilbert :

« J'ai été traité de fou pour avoir tenté ce qui a été jugé impossible par

tout le monde et même par le grand ingénieur James Watt, lequel disait à un savant distingué, encore vivant aujourd'hui, que je méritais d'être pendu pour avoir mis en usage les machines à haute pression. Voilà quelle a été ma récompense jusqu'ici; mais, quand ce devrait être tout, je me contenterai de la satisfaction intérieure que j'éprouve d'avoir été l'instrument par lequel auront été produits ou améliorés des éléments dont mon pays tirera un grand profit. J'aurai été méconnu et malheureux pendant ma vie, mais on ne m'enlèvera pas l'honneur d'avoir été un homme utile, ce qui vaut infiniment plus à mes yeux que les richesses que j'aurais pu amasser. »

Agrandissement d'un tunnel. — On peut citer comme un travail remarquable l'agrandissement du tunnel de East Mahanoy, en Pensylvanie. Ce tunnel, de 1 040 mètres de longueur, avait été exécuté en 1862; en 1876, la Compagnie du *Philadelphia and Reading Railroad*, qui avait repris la petite ligne de East Mahanoy, sur laquelle se trouve le tunnel, résolut d'en agrandir la section, qui ne permettait pas le passage de ses machines à cause du manque de hauteur.

On pensait qu'il suffirait d'enlever une partie de la voûte, mais en prévision des éboulements qui se seraient infailliblement produits par la raison que, dans le percement du tunnel, on avait recoupé plusieurs couches de houille, on aurait été conduit à établir de nombreux boisages, lesquels auraient considérablement gêné la circulation des trains; or, le trafic était tel à cette époque qu'il ne pouvait être question d'une suspension ou même d'un ralentissement de service; on se décida alors à faire le travail par le bas, en enlevant une partie du sol, d'une paroi et d'une banquette laissée lors de la construction du tunnel par la Compagnie de East Mahanoy Railroad.

Les travaux ont commencé le 29 mai 1876 et ont été achevés le 9 septembre de la même année; ils ont donc employé 104 jours et ont coûté environ 200 000 francs.

La partie enlevée avait la longueur du tunnel, soit 1 040 mètres; $0^m,60$ d'épaisseur en moyenne sur $3^m,60$ de largeur; le terrain était formé d'une espèce de poudingue, qu'on ne trouve que dans le voisinage des gisements d'anthracite. Outre le sol, il a fallu dans plusieurs endroits attaquer également la voûte et les parois.

Il a été employé constamment 225 ouvriers environ, dont la moitié travaillait pendant le jour à percer les trous de mine et à préparer tout pour le tirage, qui s'effectuait à partir de dix heures du soir, après le passage du *Centennial Express* (c'était pendant l'exposition de Philadelphie). L'équipe de nuit était employée au tirage des coups de mine. On se servait de dynamite n° 2 et on tirait cent coups à la fois, en les enflammant avec l'étincelle électrique. Les déblais étaient enlevés et la voie nettoyée rendue libre pour le passage des trains. Ce n'était qu'entre dix heures du soir et deux heures du matin que la circulation était entièrement suspendue.

Les ouvriers travaillaient dans des conditions très pénibles, à cause du

manque de ventilation. Les puits qui avaient servi à la construction du tunnel avaient été comblés depuis longtemps, et la fumée des nombreux trains qui traversaient le tunnel ainsi que celle des coups de mines ne trouvaient d'issues que par les deux extrémités.

Pendant toute la durée du travail, il n'y a eu qu'un seul train arrêté, et cela pendant cinq minutes; le seul accident qu'on ait eu à déplorer a été la mort d'un ouvrier écrasé par la petite machine qui remorquait les wagonnets emportant les déblais hors du tunnel.

Le profil primitif en long du tunnel comportait deux légères pentes du milieu aux extrémités pour faire écouler l'eau d'infiltration provenant des couches de houille, partie vers la Susquehanna, partie vers la Delaware. On a profité des travaux d'élargissement pour établir une pente continue dans le sens du trafic, destinée à faciliter la traction des trains de charbon.

Navigation sur les lacs des États-Unis. — Nous avons à plusieurs reprises eu occasion de signaler l'importance de la navigation sur les grands lacs des États-Unis, navigation qu'on peut assimiler à une navigation maritime.

En effet, le lac Supérieur a pour longueur 700 kilomètres, soit la largeur de la Méditerranée entre Marseille et Alger, et pour largeur maxima 210 kilomètres, soit une fois et demie la largeur de la Manche entre le Havre et Brighton.

On peut juger des dimensions qu'atteignent les navires qui desservent ces mers intérieures par l'exemple suivant : on vient de lancer à Buffalo un navire à coque d'acier de 92 mètres de longueur, 12 mètres de large et $5^m,40$ de creux; il y a un double fond pour water-ballast, divisé par sept cloisons transversales et une cloison longitudinale en seize parties.

La capacité intérieure est divisée en sept compartiments, dont un pour l'appareil moteur, ce qui porte à 23 le nombre des capacités étanches. La machine Compound verticale a deux cylindres de $0^m,55$ et deux de $1^m,05$ de diamètre et $1^m,20$ de course, et reçoit la vapeur de deux chaudières en acier de $3^m,05$ de diamètre et $5^m,20$ de longueur; l'hélice a 4 mètres de diamètre; la machine étant placée plus en avant que d'habitude dans le navire, l'arbre a une grande longueur, 23 mètres; son diamètre est de $0^m,285$.

Le navire appartient à l'Union Steamboat Company et est destiné à faire le service des voyageurs sur le lac Supérieur; aussi a-t-il reçu des aménagements très complets et très luxueux pour 200 passagers de première classe. Sa mâture et son gréement en font un véritable navire de mer; il a coûté 1 125 000 francs.

Les dernières statistiques estiment à 1 070 le nombre des navires et barques à voiles américains, et à 328 celui des navires et barques canadiens naviguant sur les lacs; le nombre des navires à vapeur s'élève respectivement à 840 et 382, ce qui fait un total de 2 620 navires ou bateaux à voiles ou à vapeur naviguant sur les lacs, sans compter les navires ou

bateaux qui naviguent sur le Saint-Laurent; le tonnage total, toujours sans compter les bateaux de rivière, est évalué à 900 000 tonneaux en nombre rond.

Distribution d'eau de Stuttgart. — Le *Zeitschrit des Vereines Deutscher Ingenieure* a décrit avec beaucoup de détails la nouvelle distribution d'eau de Stuttgart, laquelle a commencé de fonctionner au commencement de 1882.

On a pris l'eau au Neckar par une conduite circulaire, partie en béton, partie en maçonnerie, qui l'amène aux filtres; ces filtres sont des bassins, au nombre de 4, indépendants les uns des autres, de 600 mètres environ de surface chacun et contenant des couches de gravier et de sable fin. Chaque filtre donne à peu près 1 800 litres d'eau par mètre carré et par jour. L'eau est recueillie dans un système de drains et amenée dans des bassins où les machines la prennent. Il y a deux usines élevatoires, une hydraulique, c'est la principale; l'autre, qui est de secours, est mue par la vapeur. La première renferme quatre roues en dessous de 5 mètres de diamètre et 4 mètres de large, dont chacune commande par engrenages deux pompes à double effet, une de chaque côté de la roue; les roues font 5,5 tours par minute, et l'arbre des pompes 22.

Les pistons des pompes ont $0^m,180$ de diamètre et $0^m,65$ de course.

L'usine à vapeur comprend deux machines Compound horizontales de 70 chevaux. On ne s'en sert actuellement que pendant les crues qui arrêtent les roues hydrauliques, mais plus tard on s'en servira pour un service additionnel destiné à distribuer de l'eau potable prise dans des puits forés à une certaine distance dans la vallée du Neckar.

Les réservoirs ont une capacité de 10 000 mètres cubes avec une hauteur d'eau de $3^m,50$. Ils sont formés de deux parties dont chacune a 48 mètres sur 31 et sont recouverts par des voûtes parallèles en briques, reposant sur des piliers également en briques. Ces deux parties sont complètement indépendantes; les murs sont en maçonnerie avec mortier de chaux hydraulique additionné d'un peu de ciment de Portland; le fond est formé de deux lits de briques avec mortier de ciment, posés sur une fondation en béton, et recouverts d'une couche de 1 centimètre d'épaisseur de ciment.

Les réservoirs sont à 84 mètres au-dessus du niveau dans les puisards des pompes et à 54 mètres au-dessus de la place du Marché. Cette position leur permet d'alimenter la plus grande partie de la ville, mais il y a cependant encore des quartiers qui n'ont que l'eau médiocre fournie par l'ancienne distribution.

Les réservoirs avec leurs accessoires ont coûté environ 35 francs par mètre cube d'eau emmagasinée. La dépense totale a été de deux millions et demi de francs en nombre rond, mais il y a une partie de la dépense qui affère à la distribution additionnelle d'eau potable, laquelle n'est pas encore achevée.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1884.

Rapport de M. Lavollée sur une **proposition relative au service des brevets d'invention et à son installation au Conservatoire des arts et métiers.**

L'Association des inventeurs et artistes industriels a adressé à la Société d'encouragement communication d'une demande qu'elle a faite à M. le ministre du commerce, pour proposer de centraliser dans un même local tous les services inhérents à la propriété industrielle, services qui sont aujourd'hui dispersés dans des endroits séparés et reliés à des administrations différentes, en émettant le vœu que cette centralisation s'opère au Conservatoire des arts et métiers.

Le rapporteur indique que cette proposition mérite d'autant plus l'appui de la Société, que la convention internationale, promulguée en France par décret du 6 juillet 1884, contient un article (l'article 12), par lequel chacune des parties contractantes s'engage à établir un service spécial de la propriété industrielle et un dépôt central pour la communication au public des brevets d'invention, etc. Il est évident qu'il y a beaucoup à faire pour amener l'organisation du service des brevets, telle qu'elle est actuellement, au niveau de celle du *Patent-office* anglais ou américain et on ne saurait être arrêté par la question d'argent, car il est certain que la dépense serait amplement couverte par les produits du service des brevets.

Le rapporteur est d'avis d'appuyer la demande de l'Association des inventeurs.

Rapport de M. Lavalard sur des **spécimens de ferrure à glace** envoyés par M. Aureggio, vétérinaire au 4e régiment de cuirassiers, à Lyon.

Rapport de M. Carnot sur l'**alliage de cuivre et de manganèse** de M. Pierre Manhès.

Une des causes d'altération du cuivre à doublage dans l'eau de mer tient à la présence dans le cuivre d'oxydule disséminé dans la masse.

M. Manhès a cherché à remédier à ce défaut par une réduction complète des composés oxygénés du cuivre par l'introduction d'une substance facile à oxyder; après avoir essayé le phosphore, puis le zinc, il est arrivé à employer le manganèse, qui a l'avantage d'unir à une grande affinité pour l'oxygène une fixité presque absolue à la température de fusion de cuivre.

M. Manhès a constaté : 1° que le manganèse métallique, ajouté en minime proportion au cuivre affiné, et à la condition d'un mélange intime, réduit complètement la petite quantité d'oydule qui restait dans le cuivre, et se transforme lui-même en silicate au contact des parois et de la sole du four, et 2° que si, pour être certain de la réduction complète de l'oxydule de cuivre, on est obligé de mettre un léger excès de manganèse, les quelques millièmes de ce métal qui restent dans le cuivre ne modifient en rien sa malléabilité, soit à chaud, soit à froid, et sont sans influence sur la marche de la corrosion par l'eau de mer.

L'affinage du cuivre s'opère au moyen du *cupro-manganèse*, alliage de 75 de cuivre et 25 de manganèse, fabriqué par M. Manhès ; il suffit d'ajouter au cuivre avant la coulée une minime proportion de cupro-manganèse, de 0,4 à 1 ponr 100.

Des expériences directes ont montré que les feuilles de doublage en cuivre ainsi préparées éprouvaient dans l'eau de mer beaucoup moins de corrosion, de sorte que leur durée pourrait être beaucoup plus grande.

Les bronzes préparés au cupro-manganèse ont une résistance notablement supérieure à celle des bronzes ordinaires.

Rapport de M. le colonel Goulier sur un **appareil destiné au tracé des courbes rampantes des limons d'escaliers**, présenté par MM. Boucher, Noizot et Cie.

Discours prononcé par M. Louis Passy, au nom de la Société nationale d'agriculture, aux obsèques de M. Barral.

Le laboratoire et l'enseignement de J.-B. Dumas, par M. Félix Le Blanc. (Extrait du *Genie civil.*)

Sur les progrès de l'éclairage électrique, par M. William Henri Preece. (Conférence faite à la Société des Arts de Londres.)

Sur les piles pour l'éclairage électrique, par M. Probert. (Conférence faite à la Société des Arts de Londres.)

Sur les propriétés antiseptiques du sulfure de carbone, note de M. Ckiandi-bey. (Note présentée à l'Académie des sciences.)

Note sur le sulfure de carbone et sur l'emploi de sa dissolution

dans l'eau pour le traitement des vignes phylloxerées, par M. Eugène Peligot. (Note présentée à l'Académie des sciences.)

L'industrie de la résine dans les Landes, par M. Adolphe Renard. (Extrait du *Moniteur scientifique.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Novembre 1884.

Paroles prononcées sur la tombe de M. Gayant, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, par M. Chatoney, inspecteur général des ponts et chaussées.

Paroles prononcées sur la tombe de M. J.-B. Fremaux, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Lefebure de Fourcy, inspecteur général des ponts et chaussées.

Notice biographique sur M. Simonneau, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Bouffet, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Notice nécrologique sur M. Frecot, inspecteur général des ponts et chaussées, par MM. Picard et Denys, ingénieurs en chef des ponts et chaussées.

Note sur l'**appareil de déclenchement système Aubine** pour signal automoteur, par M. Schlemmer, inspecteur général des ponts et chaussées.

Cette note a paru dans la 3me livraison de 1884 des *Annales des Mines* (voir comptes rendus d'octobre 1884, page 435).

Sur l'**annonce des crues de l'Ohio**, par MM. F. Mahan, capitaine du génie de l'armée des États-Unis et Lemoine, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Les crues de l'Ohio produisent de véritables désastres; elles ont atteint en 1883 jusqu'à *vingt-trois* mètres dans certaines localités. Aussi l'organisation d'un service des crues a-t-elle un grand intérêt; on se propose de la faire d'après la méthode appliquée par M. Belgrand sur la Seine, et consistant dans l'établissement d'une relation entre les montées du cours d'eau principal et celles de ses petits affluents torrentiels. Les stations les plus

convenablement placées correspondraient avec l'ingénieur en chef de la navigation de l'Ohio à Cincinnati, lequel transmettrait immédiatement ses prévisions aux localités menacées. On établirait en outre un certain nombre de stations d'études.

Sur le **calcul des poutrelles des ponts métalliques** pour voies charretières, par M. Le Chatelier, ingénieur des ponts et chaussées.

Le calcul des ponts métalliques pour voies charretières doit être fait, d'après la circulaire ministérielle du 9 juillet 1877, dans l'hypothèse du stationnement sur le pont du plus grand nombre possible de véhicules d'épreuve et non dans celle d'un poids mort uniforme. On devrait donc calculer les poutrelles en tenant compte pour le travail maximum d'une répartition différente des charges isolées. Comme le problème présente certaines difficultés, on se contente de calculer des valeurs du moment de flexion en quelques points; on a ainsi des dimensions exagérées pour les poutrelles, ce qui, en général, est sans inconvénient. Il se présente toutefois des cas où on est limité pour la hauteur, ou bien où l'importance des poutrelles exige qu'elles soient calculées rigoureusement.

Les conditions d'épreuve sont :

1° L'application d'un poids uniforme de 300 kilogrammes par mètre carré de trottoirs;

2° La station d'autant de véhicules d'épreuve à un essieu et pesant 11 tonnes, que la chaussée peut en recevoir de front.

Le mémoire ne s'occupe pas de la seconde condition; il étudie d'abord une solution générale du problème donnant la construction d'une courbe des moments maxima, puis en fait l'application au calcul des ponts à une et deux voies charretières.

Amélioration de l'embouchure du Mississipi. Extrait du rapport de mission en Amérique de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

On sait que de grands travaux ont été entrepris depuis 1875 pour améliorer le Mississipi à son embouchure et permettre l'accès du port de la Nouvelle-Orléans aux grands navires. On avait pensé d'abord à l'exécution d'un canal maritime de 11 kilomètres de longueur, mais le capitaine Eads s'engagea à produire l'amélioration désirée par la construction de jetées; l'approfondissement devait être porté à $6^m,10$ en trente mois, et finalement à $7^m,93$, moyennant une somme de 26 millions de francs et une annuité de 500 000 francs pour l'entretien. Ces sommes n'étaient acquises qu'en cas de succès.

Les digues parallèles ont l'une 3 640 mètres, l'autre 2 500 mètres de longueur; elles sont établies en fascinages; on y a ajouté dans certaines parties des épis perpendiculaires de 50 à 60 mètres de longueur, ce qui a réduit à 190 mètres la largeur de la passe dans sa partie la plus étroite.

On a obtenu la profondeur de $6^m,10$ dès le mois de novembre 1878 avec

une avance de temps considérable. En 1883, on avait une profondeur de 9^m,15 sur 27^m,50 de large, et 7^m,93 sur 49 mètres au moins.

L'action des jetées s'est également fait sentir en mer sur une surface de plus de 3 kilomètres carrés ayant la forme d'un éventail, mais il y a eu dans cette partie un soulèvement du fond depuis quelque temps, de sorte qu'il n'est pas encore possible de se prononcer sur la question de la permanence de l'amélioration obtenue, bien qu'en somme l'opération ait été couronnée de succès.

Jetée sur pieux à vis à l'embouchure de la Delaware. Extrait du rapport de mission en Amérique de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

On a construit récemment, à l'embouchure de la Delaware, une jetée sur pieux à vis de 519 mètres de longueur, et de 13^m,10 de largeur sur 167 mètres et 6^m,70 sur 352 mètres. Il y a 297 pieux à vis, distants de 3^m,20 dans chaque rangée; la longueur de ces pieux varie de 4^m,90 à 16^m,62 et le diamètre de 0^m,131 à 0^m,212. Il y a trois systèmes de contreventement formés de barres obliques rattachées à des colliers qui entourent les pieux. Le tablier est en bois de pin porté par des longrines reposant sur les chapeaux des pieux et sur des traverses.

Les pieux étaient enfoncés par un mouvement de rotation exercé sur leur tête par une roue horizontale; à de grandes profondeurs, l'effort était si excessif que les vis se brisaient; on essaya alors d'envoyer un jet d'eau sur la face supérieure des hélices au moyen d'une lance fixée le long du pieu; ce moyen facilita beaucoup l'enfoncement.

L'établissement de cette jetée a produit un léger approfondissement de la rade vers son extrémité; on y conserve sans aucun travail d'entretien une profondeur supérieure à 6^m,70. L'enlèvement de quelques pieux en fer, au bout de plusieurs années, a indiqué que l'attaque du fer était peu considérable au-dessous des basses mers, il y avait des couches épaisses de coquillages; mais, dans la partie comprise entre les hautes et les basses mers, la corrosion du métal était beaucoup plus sensible.

Procédés employés pour l'**extraction des rochers sous-marins** dits Hallet's Point et Flood-Rock, à New-York, extrait du rapport de mission de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Les travaux entrepris depuis plusieurs années, et dont le second ne sera terminé qu'à la fin de cette année, ont déjà été décrits comme mode général d'opération dans les *Annales des ponts et chaussées*. Au Flood-Rock un bâtardeau, établi sur le sommet du roc, permet l'accès d'un puits aboutissant à des galeries dont on avait déjà creusé 6 155 mètres au 31 mai 1883, époque de la visite de M. Cadart. Les travaux, arrêtés à cette époque, faute de crédits, ont été repris en août 1884.

Nouveau procédé de calcul graphique, par M. M. d'Ocagne, élève ingénieur des ponts et chaussées.

Ce procédé de calcul résulte d'une interprétation géométrique nouvelle du principe que M. Lalanne a imaginé, dès 1846, pour la résolution graphique des équations numériques.

Notice biographique sur les ingénieurs des ponts et chaussées depuis la création du corps en 1716 jusqu'à nos jours, par M. Tarbé de Saint-Hardouin, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite ; compte rendu sommaire.

Hydraulique fluviale, par M. Lechalas, inspecteur général des ponts et chaussées; compte rendu sommaire.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST. *Réunion* du 5 octobre 1884.

Communication sur le **tirage des coups de mine à la chaux**, par M. Murgue.

Cette communication contient le résumé d'une note de M. Sébastian Smith, lue devant l'Institut des ingénieurs de Chesterfield et du Derbyshire et celui d'une note de M. C.-Z. Bunning; la première émanant de l'un des auteurs du procédé est nécessairement élogieuse, l'autre est peut-être exagérée en sens contraire.

En somme, le procédé à la chaux, malgré la grande faveur qui a accueilli ses débuts, ne se répand pas en Angleterre autant qu'on aurait pu le croire; on ne l'emploie que dans les mines où, à cause d'accumulation de grisou ou de dégagements instantanés trop fréquents, on ne peut faire autrement.

Communication de M. Émile Veillon sur des machines à agglomérer.

Ces machines, du système Clovis Roux, construites par M. Veillon fils sont à double compression au moyen de deux pistons travaillant simultanément dans le même moule. Ces pistons sont actionnés par des leviers mus par les pistons d'une presse hydraulique; l'un des pistons est relié à un arbre coudé qui l'oblige à faire toujours sa course complète, tandis que l'autre a sa course limitée par la résistance de la briquette; l'eau s'échappe alors par une soupape chargée d'un ressort lorsque la limite de compression est atteinte.

Le démoulage se fait par un piston spécial. La machine donne de 15 à 18 coups par minute. Le fonctionnement est des plus satisfaisants.

Communication de M. Escalle sur une **nouvelle application des agglomérés.**

On emploie depuis plusieurs mois des agglomérés dans les hauts fourneaux de Tamaris dans la proportion de 20 à 30 pour 100 et la consommation totale du combustible a sensiblement diminué. Ce sont des agglomérés de Rochebelle contenant 9 1/2 pour 100 de cendres, 18 pour 100 de matières volatiles et 1 1/2 pour 100 d'eau hygrométrique.

Communication de M. Portal sur le **guidage du puits de l'Auzonnet.**

Ce puits, appartenant à la concession de Comberedonde est guidé sur 154 mètres de hauteur avec des longrines en chêne de 0,14 sur 0,14, assemblées à traits de Jupiter et boulonnées sur des moises également en chêne de $0^m,20$ sur $0^m,15$, espacées de $2^m,50$ d'axe en axe.

Le prix de revient du mètre courant s'est élevé à 42 fr. 20.

Un guidage analogue, établi au puits de la Serre, de la même concession, a coûté d'entretien, pour une moyenne de six années :

1° Pour le guidage, par mètre et par an.	1 fr.	46 c.
2° Pour les recettes, par recette et par an	60	60
3° Pour les cages, etc., par an.	1 058	08

Si on rapporte ces dépenses à l'unité de cent mille tonnes élevées à 100 mètres, on trouve :

1° Pour le guidage.	173 fr.	37 c.
2° Pour les recettes.	57	23
3° Pour les cages, etc.	300	70

Communication de M. Zyronski sur **les scories contenues dans le fer et l'acier.**

Le rapport fait par M. Lan au comité consultatif des arts et manufactures sur le tarif des douanes, signale parmi les moyens propres à distinguer les produits obtenus par fusion de ceux obtenus par affinage, un procédé consistant à mettre à nu les scories contenues dans l'échantillon examiné; on sait que les aciers n'en renferment au plus que des traces, tandis que les fers en contiennent des quantités très sensibles.

M. Ledebur, professseur à l'Académie royale des mines à Freiberg, énumère, dans une note publiée par le *Stahl und Eisen*, les divers moyens par lesquels on peut appliquer ce procédé et donne la préférence au procédé Eggertz, consistant dans l'attaque par une dissolution d'iode dans l'eau à basse température.

Note de M. Rigaud sur le **tirage des coups de mine.**

L'auteur appelle l'attention de la réunion sur le procédé de formation des

chambres de mines dans le roc, imaginé par MM. Wickersheimer, ingénieurs des mines et Pech, capitaine du génie. Des expériences ont donné des résultats économiques dans les grès houillers de Graissessac. Nous en avons parlé dans le compte rendu des *Annales des Mines*, bulletin d'octobre, page 436.

SÉANCE DE MONTLUÇON, 14 SEPTEMBRE 1884.

Communication de M. BRUNET sur le **découpage de tôles sous l'eau par la dynamite**.

L'auteur de la communication donne des détails sur diverses opérations faites avec la dynamite, telles que la destruction d'un navire coulé dans la Meuse, la démolition d'une des piles du pont de Kampen, le découpage sous l'eau du pont métallique de Miramont, la rupture d'un trépan à 550 mètres de profondeur dans un sondage à Witterthiem près Marquises (Pas-de-Calais), et enfin sur des applications aux défrichements. La plupart de ces opérations avaient du reste été décrites dans d'autres réunions de la Société de l'industrie minérale, voir notamment les comptes rendus de janvier 1884, page 138.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, *séance* du 8 NOVEMBRE.

Communication de M. DEVILLE sur un **nouvel appareil pour équilibrer les pressions sur les tiroirs des machines à vapeur**.

Cette disposition, imaginée par l'auteur de la communication, consiste en un diaphragme ou tube en cuivre rouge plissé et par conséquent assez flexible au fond duquel s'attache une bielle reliée d'autre part au tiroir qu'il s'agit de décharger partiellement de la pression de la vapeur. Ce diaphragme remplace le piston dit *suceur* employé jadis pour le même objet dans certaines machines. La communication indique que le système ne fonctionne pas encore, mais qu'il sera appliqué prochainement à une grande machine d'extraction du bassin de la Loire.

Communication de M. BUISSON sur **les perforatrices système Cantin**.

Cette perforatrice agit par rotation avec pression plus ou moins énergique sur la mèche qui se termine par un tranchant robuste et légèrement cintré. Cette pression peut être exercée à la main ou par l'action de l'eau.

La perforatrice est disposée sur un affût approprié aux conditions dans lesquelles l'appareil doit être employé ; elle peut d'ailleurs être mue soit à la main soit par un moteur.

Communication de M. Buisson sur **l'excentrique sphérique à calage et course variable (système Tripier)**.

C'est le résumé d'une note de M. Poillon sur ce dispositif destiné à remplacer les coulisses de distribution et autres appareils analogues. Cette note qui décrit ce système au moyen d'un certain nombre de figures en énumère les avantages et indique l'application faite à la machine d'une grue à vapeur de la Compagnie des mines d'Anzin ; le coût de l'appareil est très inférieur à celui d'un changement de marche à coulisse de Stephenson, et l'entretien ne doit pas être dispendieux.

Les diagrammes obtenus sont sensiblement les mêmes qu'avec la coulisse.

Note sur la **Lampe de sûreté, système Fumat**.

M. Fumat adresse à la réunion le rapport fait par la Commission d'études à la suite des expériences auxquelles sa lampe a été soumise. Les résultats ont été satisfaisants avec tous les mélanges combustibles sauf avec le mélange d'air et de sulfure de carbone, auquel cas la flamme s'est propagée de l'intérieur de la lampe à l'extérieur, ce à quoi on devait s'attendre, les composés sulfureux ayant un point d'inflammation assez bas pour que l'action réfrigérente des toiles métalliques sur les gaz soit insuffisante pour les empêcher d'aller porter le feu en dehors de la lampe.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, *séance* du 6 décembre 1884.

Communication de M. Buisson sur le **Graisseur mécanique, système Mollerup**.

Nous avons signalé cet appareil décrit dans le *Bulletin* de juillet 1884 de la Société d'Encouragement (voir comptes rendus d'octobre 1884, page 423).

M. Buisson indique qu'un graisseur de ce genre vient d'être installé sur la machine intérieure d'épuisement du puits de l'Eparre de la Compagnie des houillères de Saint-Étienne, où il donne une économie de 60 pour 100 sur les appareils primitifs de graissage du cylindre.

Communication de M Antoine Imbert sur **les lois du frottement**.

Il s'agit des expériences faites par M. Marcel Deprez, sur une des machines destinées à la transmission électrique de la force, pour mesurer approximativement le travail absorbé par les résistances passives. L'expérimentateur a constaté que la valeur absolue du coefficient de frottement des tourillons sur les coussinets était de 0,025 pour la vitesse de 550 tours par minute et de 0,005 pour celle de 145 tours, le coefficient moyen étant de 0,013. Ces expériences ont été faites sur une machine marchant à vide.

Communication de M. Chansselle sur **la lampe électrique portative de M. Trouvé.**

Dans cette lampe, la pile, source d'électricité, et la lampe elle-même ne font qu'un et le tout est porté, soit à la main, soit à la ceinture, soit en bandoulière. Quelle que soit la forme de la lampe, l'appareil se compose d'un vase à compartiments formant le récipient d'une pile au bichromate de potasse, due à M. Trouvé.

Le couvercle porte les éléments de la pile ainsi qu'une lampe à incandescence à filament de carbone : ce couvercle peut monter et descendre dans le vase, c'est ce mouvement qui détermine l'allumage, l'extinction et le réglage de la lampe. L'une et l'autre des deux premières opérations sont automatiques, c'est-à-dire qu'on peut faire allumer la lampe lorsqu'on la prend à la main et la faire éteindre lorsqu'on la repose ou inversement.

Un bouton à vis sert au réglage, de manière à donner à la lumière toutes les intensités, entre celle d'une simple veilleuse et celle de 4 à 5 bougies. La lampe peut fonctionner trois heures avec l'intensité maximum et 12 heures environ en donnant la lumière d'une bougie.

Le prix de ces appareils varie de 50 à 60 francs ; on peut espérer qu'il s'abaissera. Quoi qu'il en soit, cet ingénieux appareil présente un grand intérêt poûr les mines à grisou, non comme service courant, mais pour l'exécution de certains travaux difficiles.

Communication de M. Verdié sur des **Expériences faites sur une machine Corliss conduisant un laminoir.**

Cette machine, construite aux ateliers du Creusot, est du type exposé à Bordeaux par MM. Schneider et Cie ; elle fonctionne depuis quatre ans chez MM. Russery et Verdié, maîtres de forges à Lorette, où elle commande par courroies un train de petit mill à grande vitesse, servant au laminage du fil d'acier dit *machine*.

Au bout de quatre mois de marche, on a fait une expérience pour constater la consommation de la machine. Cette expérience a duré dix jours, pendant lesquels on jaugeait l'eau d'alimentation dans une bâche et on pesait le charbon consommé.

Le travail a été maintenu aussi régulier que possible et on relevait des diagrammes d'indicateur à des intervalles suffisamment rapprochés.

La machine a un piston de $0^m,650$ de diamètre et $1^m,250$ de course; elle faisait en moyenne 62 tours par minute, ce qui donne une vitesse de piston de $2^m,580$ par seconde.

La vapeur était fournie par une chaudière tubulaire à deux foyers, de 120 mètres carrés de surface de chauffe, à la pression moyenne de 4 kilogrammes et demi. On brûlait du charbon maigre tamisé à 15 pour 100 de cendres.

L'ordonnée moyenne des diagrammes a été trouvée de $1^{kg},385$ pour une admission moyenne de 1/13. Le travail indiqué correspondant est de 156 chevaux.

Les résultats de consommation sont :

Eau par cheval et par heure	7kg,60
Charbon — —	1kg,14
Eau vaporisée par kilogramme de charbon.	6kg,66

Ces résultats pratiques, obtenus après quatre mois de fonctionnement, méritent d'être signalés.

La forge du Creusot possède une machine Corliss verticale marchant à 60 tours et attaquant directement un train à trio pour tôle moyenne ; avec une vitesse de piston de 3m,200 par seconde, cette machine développe 900 chevaux et consomme environ 7kg,50 de vapeur par cheval et par heure.

Note de M. Grand'Eury sur le **Cours de topographie** de M. Habets, professeur à l'École des mines de Liège.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 1. — 3 *Janvier* 1885.

Distribution d'eau de la ville de Remscheid, par L. Disselhoff.

Modifications dans l'installation des appareils d'extraction du puits Gouley, à Wurmrevies, par F. Baumann, de Kohlscheid.

Observations sur le coût de la lumière par incandescence, par W. Dietrich.

Calcul des dimensions des crochets de chaînes, par E. Bagge.

Groupe de Francfort. — Mine de plomb argentifère de Holzappel ; laminoir à cuivre de Hesse fils, à Heddernheim.

Groupe de la Haute-Silésie. — Ateliers de lavage de Bley-Scharley.

Patentes.

Bibliographie. — Théorie des corps élastiques, par le Dr J. Weyrauch.— Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Machines de laminoirs avec distribution de précision. — Locomotives pour tramways. — Eau entraînée par la vapeur dans les locomobiles.

N° 2. — 10 *Janvier* 1885.

Distribution d'eau de la ville de Remscheid, par L. Disselhoff (*fin*).
Éducation technique, par F. Reuleaux.
Exposition du travail manuel à Dresde, par R. Schöttler.

Groupe de Thuringe. — Appareils mécaniques dans les distilleries d'alcool. — Épuration des eaux de fabriques.

Groupe du Rhin moyen.

Patentes.

Correspondance. — Déplacement du centre de gravité.

Variétés. — Assemblée générale des associations de surveillance des chaudières à vapeur en Prusse. — Exposition de Kœnigsberg en 1885. — Éclairage par incandescence. — Nouveau système de tramway.

N° 3. — 17 *Janvier* 1885.

Éducation technique, par F. Reuleaux (*suite*).
Application des principes de la mécanique analytique à la construction des machines, par R. Kirsch.

Groupe de Carlsruhe. — Chasse-corps des voitures des tramways de Carlsruhe. — Chemin de fer souterrain dans Broadway, à New-York. — Fours de grillage, système Hasse-Vacherot.

Groupe de la Ruhr. — Laminoirs à tôle de Schultz Knaudt et Cie, à Essen-sur-Ruhr. — Distribution d'eau d'Essen.

Réunion générale des sociétés des métallurgistes allemands. — Conditions de réception des matériaux pour les chemins de fer. — Emploi des locomotives sans foyer dans les mines et les usines.

Patentes.

Bibliographie. — Recueil de problèmes de mécanique analytique, de Ferd. Kraft. — Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Appareils Bessemer et Thomas pour petites aciéries.

Le Rédacteur de la Chronique,
A. Mallet.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ.

EN FRANÇAIS.

Académie des Sciences (Comptes rendus de l').
Académie des Sciences de Clermont-Ferrand.
Aéronaute (l').
Annales de la Construction.
Annales des Chemins vicinaux.
Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.
Annales des Mines.
Annales des Ponts et chaussées.
Annales des Travaux publics.
Annales industrielles.
Association amicale des anciens élèves de l'École centrale.
Association des élèves sortis de l'École de Liège.
Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur.
Astronomie (l').
Bulletin des Mines.
Bulletin du tunnel du Simplon.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne.
Bulletin officiel de la Marine.
Bulletin séricole français.
Chambre syndicale des constructeurs mécaniciens de l'arrondissement du Havre.
Charbon (le).
Chronique industrielle.
Comité des forges de France.
Constructeur (le).
Courrier des Brevets d'invention.
Crédit minier.
Écho des mines et de la métallurgie.
Écho Industriel (l').

Économiste (l').
Électricien (l').
Encyclopédie d'architecture.
Fer (le).
Gazette des architectes et du bâtiment.
Génie civil (le).
Houille (la).
Ingénieur (l') (Traduction de l'*Engineering*).
Journal d'agriculture pratique.
Journal de la Compagnie transatlantique.
Journal des Chambres de commerce.
Journal des Chemins de fer.
Journal des Fabricants de sucre.
Journal des Mines.
Journal des Travaux publics.
Journal des Usines à Gaz.
Journal du Céramiste et du Chaufournier.
Journal du gaz et de l'électricité.
Journal Officiel.
Machines-outils (publication industrielle des).
Matériel agricole (le).
Messager du Brésil.
Ministère des Travaux Publics (bulletin du).
Monde de la Science et de l'Industrie.
Mondes (les).
Moniteur de la papeterie française.
Moniteur des fils et tissus.
Moniteur des Intérêts matériels.
Moniteur des Produits chimiques.
Moniteur des Travaux publics.
Moniteur industriel.
Mouvement industriel (Belgique).
Musée de l'industrie de Belgique.
Nature (la).
Observatoire de Rio-Janeiro (Annales et bulletins de l').
Organe des Mines.
Papeterie (la).
Petites affiches (les).
Portefeuille économique des Machines.
Revue d'Artillerie.
Revue des Chemins de fer.

Revue des Industries chimiques et agricoles.
Revue d'architecture de Belgique.
Revue générale d'architecture.
Revue générale des Chemins de fer.
Revue horticole.
Revue maritime et coloniale.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.
Semaine des constructeurs (la).
Semaine financière (la).
Société académique d'agriculture de l'Aube.
Société académique franco-hispano-portugaise.
Société belge d'électriciens (Bruxelles).
Société de Géographie.
Société de Géographie de Marseille.
Société de Géographie commerciale de Bordeaux.
Société de l'Industrie minérale.
Société d'encouragement.
Société de protection des apprentis.
Société des Agriculteurs de France.
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et métiers.
Société des Sciences de Lille.
Société des sciences industrielles de Lyon.
Société de statistique de Paris.
Société française de Physique.
Société industrielle de l'Est.
Société industrielle de Mulhouse.
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.
Société industrielle de Reims.
Société industrielle de Rouen.
Société industrielle du Nord de la France.
Société nationale d'agriculture de France.
Société scientifique industrielle de Marseille.
Société technique de l'Industrie du gaz.
Société vaudoise des Ingénieurs et architectes.
Société vaudoise des sciences naturelles.
Sucrerie indigène (la).
Technologiste (le).
Union des Ingénieurs sortis de l'Université catholique de Louvain.
Union géographique du nord de la France.

EN ALLEMAND.

Annales Glaser.
Architekten und Ingenieur Vereins im königreiche Bohmen
Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover.
Centralblat der Bauverwaltung (Berlin).
Dingler's polytechniches Journal.
Eisenbahn Zeitung osterreischischen.
Niederosterreischischen Gewerbe vereines.
Organ.
Osterreischischen Ingenieur und architekten vereines.
Schweizerische Bauzeitung.
Vereines deutscher Ingenieure.

EN ANGLAIS.

American academy of Arts and Sciences.
American Engineer.
American Society of civil engineers.
American Institute of mining engineers.
American Institute of mechanical engineers.
Canadian Institute.
Engineer (the).
Engineering.
Engineering club of Philadelphia.
Enginering news.
Franklin Institute.
Institution of civil engineers.
Institution of civil engineers and shipbuilders.
Institution of mechanical engineers.
Iron.
Iron and Coal trades Rewiew.
Iron and Steel institute.
Master Car Builders Association.
Midland institute.
Navy département (Washington).
North of England institute of mining engineers.
Railroad gazette.

Science.
Society of arts (journal of the).
Society of engineers.
Society of telegraph and of electricians.

EN ESPAGNOL.

Associacion central de ingeniores industriales.
El porvenir del Industria.
Revista des obras publicas (Madrid).
Revista des obras publicas e minas (Lisbone).
Société des Ingénieurs portugais.

EN ITALIEN.

Académie des sciences de Rome.
Collegio degli architetti (Florence).
Esplorazione (l').
Giornale dei Lavori pubblici.
Politecnico (il).
Revista di artiglieria e genio.
Société des Ingénieurs industriels de Turin.

EN HONGROIS, POLONAIS, RUSSE et SUÉDOIS.

Ingénieur (Kieff).
L'Ingénieur (Saint-Pétersbourg).
Ingeniors foreningens forändlingar.
Magyar mernok ès Epitesz Egylet (Budapesth).
Przeglad techniczny (Varsovie).
Norsk Teknisk Tidskrift.
Teknisk Tidskrift (Stockolm).
Société polytechnique impériale de Russie.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1885

N° 2

MM. Dallot, Périssé, Seyrig, Le Brun et Noblot (séance du 20 février, pages 156 à 158).

8° Communication de M. Auguste Gillot sur *la cause et la nature de la force* (séance du 20 février, pages 158 à 164).

9° Observations de MM. Marié et Périssé à propos de la communication de M. Gillot (séance du 20 février, pages 164 et 165).

Pendant le mois de février, la Société a reçu :

De M. Blaise, membre de la Société, un exemplaire de son compte rendu du *Congrès d'hygiène industrielle*, tenu à Rouen les 26 et 27 juillet 1884 ;

De M. Léon Malo, membre de la Société, un mémoire sur les *voies asphaltées de Berlin ;*

De M. Noblot, membre de la Société, un exemplaire de l'*Album photographique publié par l'Association amicale pour perpétuer le souvenir des anciens bâtiments de l'École centrale ;*

De M. de Comberousse, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport au Conseil supérieur de l'Enseignement technique sur les programmes des Écoles nationales d'arts et métiers ;*

De M. Agnès, membre de la Société, un exemplaire de l'*Album photographique des Écoles normales* qu'il vient de faire construire à Arras ;

De M. Lechalas, inspecteur général des ponts et chaussées, un exemplaire de son ouvrage sur l'*Hydraulique fluviale ;*

De M. Post, membre de la Société, un mémoire sur les *Traverses métalliques ;*

De M. Cerbelaud, membre de la Société, deux exemplaires de sa note sur les *Explosifs modernes au Gothard.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Amiot	présenté par MM.	Bocquin, Jordan et Henry Love.
Bianchi	—	Bianchi, Clair et Lejeune.
Dumas	—	Armengaud jeune, Grelley et Mardelet.
Herdt	—	Cazes, E. Moreau et Sarasin.
Pozzy	—	Ivan Flachat, A. Moreau et Rogé.
Sèvry	—	L. Martin, Périssé et Piat.
Tisserandot	—	Carimantrand, Ivan Flachat et A. Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1885

Séance du 6 Février 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de MM. Valère Mabille et Émile Pereire, comme chevaliers de la Légion d'honneur, et celle de M. Guillemant, comme officier de l'ordre du Libérateur de Vénézuela.

Le procès-verbal de la séance du 23 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT autorise cependant M. Lavezzari à prendre la parole quelques minutes sur ce procès-verbal, pour présenter une observation relative à la communication de M. Bourdais, sans toutefois aborder la discussion.

M. LAVEZZARI demande la permission, en vue de la discussion qui doit s'ouvrir ultérieurement sur cette intéressante question, de signaler un point relatif au projet présenté, qui s'applique également au système de tour métallique, et qui n'a été abordé dans aucun de ces deux projets. Ce point a pourtant une réelle importance : c'est l'influence des oscillations auxquelles sont soumises les constructions telles que les cheminées d'usines ou les phares. Il est facile de se convaincre de l'existence de ces oscillations, mais il est plus difficile de se rendre compte de leur amplitude.

D'après les renseignements que M. Lavezzari a obtenus des meilleurs constructeurs de cheminées, elle atteint de 6 à 15 centimètres pour des hauteurs de 30 à 35 mètres, et il a observé lui-même 17 centimètres pour une hauteur de 28 mètres, par un vent qui n'avait rien d'exagéré.

Dans les phares, les oscillations sont plus intenses, mais l'on n'a aucune donnée précise ; le seul ouvrage qui en fasse mention est celui intitulé :

Éclairage et balisage des côtes de France, par M. Reynaud. Cet éminent ingénieur a constaté des balancements capables de jeter les liquides hors des vases et de déranger les chaînes des poids du mécanisme. Les personnes qui se trouvent en haut d'un phare éprouvent les mêmes sensations qu'à bord d'un navire. Sur un phare que M. Lavezzari a eu l'occasion de construire, il a pu constater approximativement des déplacements qui semblaient être de $0^{m},40$ pour 58 mètres de hauteur. Les personnes les plus compétentes en cette matière estiment qu'il est impossible de se faire une idée de ce que seraient au sommet les oscillations d'une tour de plus de 300 mètres de hauteur.

M. Lavezzari ne veut pas aujourd'hui aborder la discussion sur les conséquences de ces oscillations; il se contente de poser la question et de solliciter des informations, si l'on en peut avoir sur ce point qui lui paraît important.

M. le Président remercie M. Lavezzari de son observation, qui sera consignée au procès-verbal.

M. Armengaud jeune cite pour mémoire le pylône élevé dans la ville de Washington à la mémoire du grand général, le libérateur des États-Unis : c'est une tour pyramidale ayant une hauteur de 174 mètres. M. Berthon, membre de la Société, qui a visité ce monument dans son récent voyage en Amérique, voudra bien sans doute donner à ce sujet quelques explications qui seront utiles lorsque la discussion s'ouvrira sur le point signalé par M. Lavezzari.

M. le Président donne la parole à M. Cornuault, qui a aussi quelques brèves observations à présenter au sujet de la communication de MM. Bourdais et Sébillot.

M. Cornuault croit devoir présenter immédiatement une rectification au sujet de la comparaison faite par M. Sébillot entre les prix de revient de l'éclairage au gaz et à l'électricité.

M. Sébillot s'exprime ainsi : « Si l'on met en regard la dépense de gaz comptée à 0 fr. 15 sur 100 000 becs ou 77 000 carcels, et la dépense de force motrice pour produire deux millions de carcels, on trouve dans le premier cas une dépense journalière de 120 000 mètres cubes de gaz à 0 fr. 15, soit 18 000 francs; dans le second, 150 tonnes de houille pour les machines, à 30 francs, soit 4 500 francs. Ces deux chiffres mis en regard, lesquels représentent les éléments principaux de la dépense pour l'éclairage public dans les deux cas, montrent toute la portée du progrès à réaliser. »

Il en résulterait donc une différence de 13 500 francs par jour, ou environ 5 millions par an.

M. Cornuault demande à démontrer que cette conclusion ne saurait être admise.

M. Sébillot admet d'abord que 77 000 carcels seraient produites par

100 000 becs de gaz; or un bec de la ville de Paris (consommant 140 litres par heure) donne 1,1 carcel; il faudrait donc seulement 70 000 becs, lesquels brûlant 10 heures en moyenne par jour consommeraient :

$$70\,000 \times 0^{m^3},140 \times 10 = 98\,000 \text{ mètres cubes,}$$

c'est-à-dire, à 0 fr. 15 par mètre cube, nécessiteraient une dépense journalière de 14 700 francs.

Il y a donc lieu de ramener tout d'abord à 14 700 francs le chiffre de 18 000 francs indiqué par M. Sébillot. Mais M. Cornuault ajoute qu'aujourd'hui on emploie principalement les becs intensifs (il y en a près de 4000 à Paris), lesquels, à intensité égale, consomment moins de gaz, comme on sait, que les becs ordinaires (105 litres par carcel au lieu de 127 litres); le chiffre de 14 700 francs devrait donc être réduit d'au moins 10 à 15 pour 100 et ramené à 13 000 ou 13 500 francs au maximum.

Passant aux dépenses relatives à l'éclairage électrique, M. Cornuault fait remarquer que M. Sébillot s'est borné exclusivement à indiquer la dépense de *charbon* nécessitée par les 10 000 chevaux-vapeur; ce n'est même pas la dépense de *force motrice*, qui doit comprendre en outre des éléments tels que la main-d'œuvre des mécaniciens et chauffeurs, l'huile, les chiffons, etc., qui ont été passés sous silence, mais pour lesquels on a aujourd'hui des données suffisantes pour les estimer de 0 fr. 04 à 0 fr. 05 par cheval; le total serait de 0 fr. 10 environ par cheval, soit en résumé 10 000 francs au lieu de 4 500 francs.

De plus, M. Sébillot *a laissé de côté la dépense des charbons électriques*, qui double au moins celle de force motrice; c'est déjà 20 000 francs. Mais ce n'est pas tout; il faut ajouter encore l'intérêt et l'amortissement des appareils; or, d'après les données indiquées par M. Fontaine, le prix d'établissement peut être évalué à 2 000 francs par foyer de 500 carcels, ce qui, pour 2 millions de carcels, donne un montant de 8 millions de francs. En comptant l'intérêt à 5 pour 100 et l'amortissement à 10 pour 100, ce qui est peu pour un matériel électrique, ces deux charges cumulées correspondent à 1 200 000 francs par an ou 3 300 francs par jour. Cette dernière somme doit être ajoutée à celle de 20 000 francs établie plus haut, et encore n'est-il rien compté pour l'entretien des appareils, très supérieur à celui des appareils à gaz, qui a été également négligé. C'est donc une dépense totale d'au moins 23 300 francs par jour, donnant ainsi pour l'éclairage électrique une différence en plus de 10 000 francs par jour sur la dépense du gaz.

M. Sébillot demande la parole.

M. le Président fait remarquer à M. Sébillot, qui voudrait répondre à M. Cornuault, que ce dernier devait prendre la parole seulement sur le procès-verbal, et non entrer dans la discussion comme il vient de le faire, en dépassant involontairement les bornes d'une simple rectification. M. le Président rappelle qu'il a prié les personnes qui voudraient prendre la parole dans cette discussion de vouloir bien s'inscrire; il réitère cette de-

mande et renvoie à une prochaine séance la réponse de M. Sébillot à M. Cornuault, ainsi que celle que M. Bourdais pourra faire à M. Lavezzari. Il donne la parole à M. Eiffel pour une simple observation.

M. Eiffel se met à la disposition de la Société pour lui apporter tous les documents relatifs à une tour métallique qui pourrait donner lieu à un parallèle intéressant avec la tour en maçonnerie. Il fait remarquer toutefois que la communication de M. Bourdais, dans laquelle se trouvent développées les considérations générales d'équilibre des solides, ne contient pas les éléments suffisants pour vérifier les calculs de son projet et le discuter d'une manière sérieuse. Il espère que M. Bourdais voudra bien déposer à la Société les données complètes qui ont servi à l'établissement de sa construction, afin qu'on puisse l'examiner sous toutes ses faces et ouvrir une discussion ayant un réel caractère d'intérêt.

M. le Président répond que M. Bourdais, qui fait ce soir une conférence à la Société nationale des Architectes, n'a pu assister à la séance; mais il aura connaissance des observations qui viennent d'être présentées, et il y répondra en temps utile, ainsi que M. Sébillot.

M. le Président ajoute qu'il a reçu une lettre de notre confrère, M. H. Rémaury, au sujet de la cheminée de Villerupt, citée par M. Bourdais. M. Rémaury aura l'occasion de revenir sur cette cheminée qu'il a construite pour les hauts fourneaux de la compagnie de Châtillon et Commentry ; mais il ne veut pas attendre ce moment pour rassurer les personnes intéressées à sa stabilité, et qui pourraient conclure à trop de hardiesse de la part de l'ingénieur, d'après les calculs de M. Bourdais.

Cette cheminée, qui a 65 mètres de hauteur et 3m,25 d'ouverture au sommet, est construite d'après le système de briques J. Ferbeck, d'Aix-la-Chapelle. Ce système s'est beaucoup répandu dans le nord-est et, malgré de violents ouragans, aucun dommage n'a jamais été constaté. M. Rémaury croit donc avoir le droit d'affirmer que les conditions de stabilité de ce système n'ont plus besoin de vérification.

M. le Président donne la parole à M. Hignette, pour sa communication sur *un nouveau produit céramique*.

M. Hignette remarque d'abord que beaucoup d'industries en sont encore à cette période où les résidus de leur fabrication demeurent sans emploi, et deviennent, par leur importance et leur accumulation, la cause de lourdes dépenses et de grandes gênes.

Tels sont, par exemple, les laitiers des hauts fourneaux, les charrées de fabriques de soude, les eaux mères des marais salants, les sables usés des fabriques de glaces, etc.

Tout procédé qui permet d'utiliser ces résidus, dégrève d'une charge les industries qui les produisent, au grand profit de l'industriel et du consommateur, puisqu'il permet d'abaisser le prix de revient.

En ce qui concerne les sables usés des fabriques de glaces, leur utilisation a été obtenue par la Société des briques et pierres blanches, qui a mis

en exploitation les brevets de M. F. Motte, auquel revient l'honneur d'avoir, le premier, utilisé industriellement ces sables jusqu'alors sans emploi.

On sait que, pour dresser les glaces, on fait frotter sur leurs surfaces des plateaux en bois garnis de fonte, en interposant entre la glace et le plateau, du grès fin ou du sable blanc quartzeux avec addition d'eau; cette eau, en s'échappant entre les parties frottantes, entraîne avec elle le sable usé mélangé de verre et de la fonte provenant du frottement du sable interposé. La proportion du verre, en poudre impalpable, est d'environ 15 pour 100 du poids du sable, et celle de la fonte 2 pour 100.

L'eau boueuse se rend dans des bassins de décantation où les matières en suspension se déposent. On recueille ensuite ces sables, et ils sont accumulés sur un terrain choisi à cet effet, où ils finissent par former des amas énormes.

Ces amas de sable sont très hygrométriques et ne retiennent pas moins de 30 pour 100 d'eau.

Au bout d'un certain temps d'exposition à l'air, ils se couvrent d'efflorescences blanches que nous supposons provenir de la soude en excès qui n'est pas entrée en combinaison avec la silice dans la fusion des glaces, par suite d'une température insuffisante, et qui forme, sous l'influence de l'air et de l'humidité, des combinaisons solubles.

On se rend compte par ce qui précède, que ces sables, très humides, ne renferment aucun élément plastique et ne peuvent s'agglomérer que sous l'effet d'une très haute pression, laquelle élimine en même temps l'eau, dont la proportion, ainsi que nous l'avons dit plus haut, n'est pas inférieure à 30 pour 100 du poids du sable mis en œuvre.

Nous avons pu résoudre ce problème au moyen de presses toute spéciales; mais l'usure des parties filtrantes était telle, que nous avons été obligé de revenir à la méthode par voie sèche.

Pour cela, les sables sont séchés au degré de siccité convenable, broyés, malaxés, et mis dans des moules de formes appropriées, puis, comprimés à une pression supérieure à 300 kilogrammes par centimètre carré.

Les pièces, ainsi moulées, sont séchées et cuites dans des fours à une température qui est supérieure à celle de la fusion des glaces, environ 1500 degrés, car c'est le verre qui, par sa fusion, constitue le ciment qui soude les molécules de silice entre elles. La soude en excès, à cette haute température, entre en combinaison avec la silice, car les briques bien cuites ne se couvrent plus d'efflorescences.

A cette température élevée, le fer est réduit, et on obtient un produit parfaitement blanc qui constitue un nouveau *matériau* jouissant de qualités toute particulières.

Il est léger, sa densité n'est que de 1,50, soit les 4/5 de celle de la brique d'argile.

Sa composition, silice et verre, montre immédiatement qu'il est inaltérable aux acides; aussi, est-il employé utilement dans les fabriques de produits chimiques. On emploie, par exemple, ces briques pour garnir

intérieurement les chambres de plomb. En contact avec l'acide sulfurique chaud, elles résistent très bien, et ne présentent pas trace d'altération au bout de plusieurs mois.

Elles résistent également bien à l'acide chlorhydrique, au chlorure de chaux, etc., ce qui en permet un emploi utile en papeterie.

Ces briques, selon l'usage auquel elles sont destinées, sont plus ou moins comprimées, d'où il résulte une puissance d'absorption plus ou moins grande, 20 à 25 pour 100, et plus à volonté.

Les briques blanches ne sont pas gelives ; des essais, souvent répétés, l'ont prouvé ; c'est un matériau qui respire, pour ainsi dire, c'est-à-dire prend et rend l'eau avec la même facilité. Pendant l'hiver rigoureux de 1881-1882, ces briques sont restées inaltérables.

Les essais officiels faits au Conservatoire des arts et métiers, ont prouvé qu'elles résistent à l'écrasement sous des charges variant de 384 à 450 kilogrammes au centimètre carré, qu'elles soient sèches ou après immersion de 40 jours dans l'eau.

En mélange, ces sables usés permettent d'obtenir, avec certaines terres et du granit, un grès cérame très beau, ou un pavé résistant qui présente le très grand avantage de ne jamais être glissant, et ne demande aucun entretien.

Si on mélange ces sables usés avec des terres cuisant blanc, on obtient par l'émaillage des carreaux de revêtement de toute beauté.

Cette invention ne pouvait être faite à une époque plus favorable, car l'art céramique cherche de plus en plus l'emploi de couleurs dans les constructions.

Dans la construction des usines, en mélange avec la brique rouge, la pierre bleue, etc., la brique blanche trouve un emploi très justifié, par exemple pour l'ornementation des cheminées et des façades.

Les briques blanches sont surtout employées dans les pays du Nord, où elles jettent une note gaie sur le ton monotone que donne l'emploi de la brique rouge ordinaire.

Enfin, ce produit se prête au moulage et remplace avantageusement la pierre taillée qui revient à un prix beaucoup plus élevé.

En résumé, ce nouveau matériau jouit des qualités suivantes :

1° Solidité et ténacité remarquables;

2° Inaltérabilité aux plus fortes gelées ainsi qu'à l'action des pluies et du soleil ; — inaltérabilité au contact des acides ;

3° Résistance à de hautes températures pourvu que le contact immédia des fondants du sable soit évité ;

4° Grande légèreté puisque sa densité n'est que de 1,50, tandis que celle des briques d'argile est de 1,85 en moyenne ;

5° Beauté et régularité de teinte blanche qui fera rechercher ces produits dans l'ornementation des façades ;

6° Prix inférieur à celui de la pierre de taille.

Jusqu'à ce jour, la pierre blanche artificielle manquait; ce produit comble donc une lacune dans la série des matériaux de construction.

Les ingénieurs et les architectes auront désormais à leur disposition un nouveau matériau blanc dont ils trouveront de nombreux emplois.

Ce produit avait été remarqué à l'exposition d'Amsterdam et à l'exposition de l'Union centrale des Arts décoratifs, deux médailles de bronze lui ont été décernées.

Plusieurs de nos principaux architectes, M. Garnier entre autres, en ont fait un très heureux emploi.

Nous espérons donc que l'emploi de ces briques et pierres blanches se généralisera rapidement.

M. Forest demande quel peut être le prix de revient des briques.

M. Hignette dit que le prix de revient est assez bas, parce que la matière première ne coûte rien ; les fabriques de glaces ont grand intérêt à s'en débarrasser.

Un Membre demande si la brique se scie bien et se coupe facilement à la truelle ; la brique ordinaire se coupe mal.

M. Hignette répond qu'il en est ainsi, en effet, parce que la brique ordinaire est feuilletée, mais la nouvelle brique est très homogène ; elle se scie, se coupe, se taille, se rabote aussi facilement que la pierre. Ce produit, qui n'a aucune valeur par lui-même, devient parfaitement utilisable lorsqu'il est combiné avec d'autres terres. De plus, il est bon de remarquer qu'il n'a pas de retrait, et qu'après cuisson la brique rentre exactement dans le moule qui a servi à la mouler.

Un Membre fait observer que la matière première est limitée en quantité.

M. Hignette dit qu'elle est au contraire illimitée ; il y en a actuellement des montagnes, et la production des fabriques de glaces suffirait à une fabrication de 40 000 pièces par jour.

M. Canovetti fait remarquer qu'il n'a pas été répondu à la question posée par M. Forest relativement au prix de revient.

M. Hignette dit que le prix varie suivant les dimensions, de 50 francs à 100 francs le mille. Les formats sont nombreux, surtout en Belgique ; le format français est vendu 95 francs, mais ce prix comporte des rabais, suivant l'importance des commandes.

M. le Président remercie M. Hignette de son intéressante communication, et dit que, lorsqu'on ajoute un nouveau produit aux éléments de construction déjà connus, on rend un très grand service à l'architecture.

M. le Président. — L'ordre du jour appelle la communication relative au *projet de Métropolitain à voies superposées* de M. Jules Garnier. M. Lan-

trac devait exposer la partie technique du projet. Malheureusement, il a été victime d'un accident et s'est trouvé dans l'impossibilité absolue de venir à la séance. Notre confrère, M. Georges Salomon, veut bien remplacer M. Lantrac et nous donner connaissance de son travail. Nous l'en remercions d'avance.

M. Georges Salomon constate que l'absence de M. Lantrac est d'autant plus regrettable qu'il serait utile, vu l'heure avancée, d'effectuer certaines coupures dans sa communication et qu'il n'est nullement autorisé à tronquer l'œuvre de notre collègue. Néanmoins, il se permettra d'abréger, puisque le projet de M. J. Garnier doit être inséré *in extenso* dans le bulletin.

Le système proposé est relatif à un chemin de fer à voies aériennes, pouvant être établi dans toutes les grandes artères de la capitale.

Il se caractérise par les points fondamentaux suivants :

1° La voie d'aller et celle de retour, au lieu d'être placées l'une auprès de l'autre, sur la même plate-forme, sont disposées suivant le principe, déjà ancien, de la superposition des voies. Elles reposent sur deux plates-formes distinctes, formant un viaduc disposé de façon à recevoir une des voies à sa partie inférieure, et l'autre à sa partie supérieure ;

2° Le système de construction du viaduc est combiné de façon à pouvoir donner passage sur une voie au matériel des grandes lignes, pendant l'arrêt des trains de l'exploitation urbaine ;

3° Les deux voies se raccordent aux extrémités d'un parcours au moyen d'une boucle présentant la déclivité voulue pour racheter la différence de niveau des deux voies, boucle qui est, d'ailleurs, d'un rayon suffisamment grand pour que la pente de la voie reste dans les limites admises. Les trains ont ainsi une circulation ininterrompue ;

4° Lorsque deux lignes de directions différentes se coupent, une disposition spéciale permet aux voyageurs de passer d'une ligne sur l'autre au moyen d'une gare, dite de « tangence, » sans que les trains d'une ligne traversent les voies de l'autre ; disposition qui a pour but d'éviter les accidents auxquels donnerait inévitablement lieu la traversée des voies par les trains d'une ligne transversale ;

5° Le matériel roulant est disposé d'une façon spéciale, permettant d'opérer l'entrée et la sortie des voyageurs dans les trains avec une grande promptitude et de disposer d'une puissance de transport suffisante.

Dans les avenues ordinaires, le viaduc à voies superposées est placé dans l'axe de la chaussée à une hauteur suffisante pour ne pas gêner la circulation des voitures, soit, au minimum, à 4^m,50 au-dessus de la chaussée, tandis que, dans les avenues ou boulevards de très grande largeur, comportant des contre-allées à double rang d'arbres, il est installé dans l'une des contre-allées.

Dans le premier cas, le viaduc est complètement métallique, tandis que, dans le second, il comprend un soubassement, formé d'une succession

d'arceaux en maçonnerie, surmonté d'une superstructure métallique.

Les deux voies sont à la largeur normale de 1m,50 et les poutres sont écartées de 3m,70 d'axe en axe. Cet écartement permet la circulation des personnes de service sur toute la longueur de la voie inférieure, pendant le passage des trains. En comptant sur des wagons de 2m,05 de largeur totale, il reste, en effet, de chaque côté, un passage entièrement libre, entre le train et les poutres, de 0m,70.

L'écartement des garde-corps de la plate-forme supérieure est de 4m,50 ; c'est celui adopté pour les ponts des grandes lignes.

La puissance du matériel roulant est fixée par la condition précise que les trains, avec leur maximum de charge, ne donnent, sur chaque voie, qu'une surcharge égale à la moitié de celle admise pour les ouvrages analogues des grandes lignes.

Dans ces conditions, le viaduc aura, pour supporter les deux voies du Métropolitain, exactement la résistance qui convient pour supporter une seule voie de grande ligne ; d'un autre côté, la voie supérieure étant complètement découverte, il en résulte qu'on pourra raccorder ultérieurement cette voie aux grandes lignes qui aboutissent dans Paris et y faire passer le matériel de ces dernières pendant les arrêts de la circulation des trains du Métropolitain.

C'est là évidemment un avantage précieux qui se trouve obtenu sans apporter aucun trouble aux dispositions obligées de la construction.

M. Georges Salomon entre dans le détail du viaduc métallique, formé de travées indépendantes ; ce qui pare aux effets de la dilatation. Les appuis des poutres du viaduc doivent être largement espacés, afin d'assurer la libre circulation sur la chaussée : on les a mis, en moyenne, à une distance de 40 mètres. Cet écartement, qui s'impose, conduit à des poutres de 4 mètres de hauteur pour le viaduc, dimension qui répond bien à la superposition des deux voies. Le chemin de fer aérien doit être situé à 15 mètres des façades des maisons : on est donc certain de ne porter aucun préjudice aux immeubles situés sur son parcours. Les poutres présentent un treillis triangulaire simple, de manière à avoir les plus grands évidements et à masquer la vue le moins possible, et toutes les barres du viaduc doivent être *raidies* par de fortes nervures, afin d'éviter les vibrations bruyantes observées dans les constructions de ce genre.

On a donné aux piles métalliques qui supportent les travées une grande stabilité, tout en leur conservant une légèreté en harmonie avec le reste de la construction, et l'on a pris toutes les précautions nécessaires au point de vue de leur rencontre avec les égouts.

Pour franchir les carrefours importants, on emploierait des piles en maçonnerie, de manière à obtenir un aspect moins grêle et plus décoratif.

Il ne peut y avoir une complète sécurité sur un chemin de fer livrant passage à des trains très fréquents, qu'à la condition que les trains circu-

lent toujours dans le même sens sur une même voie, et qu'il n'y ait ni aiguillage, ni croisement, ni obstacle d'aucune sorte sur le parcours. Il faut donc que les deux voies de chaque ligne forment un circuit continu.

Le projet de M. Jules Garnier, et c'est là une de ses parties essentielles, réalise très simplement cette condition, en réunissant les deux voies, aux extrémités de la ligne, par une rampe qui affecte en plan la forme d'une boucle circulaire, raccordée tangentiellement avec chacune des voies.

M. Georges Salomon passe à l'étude du matériel roulant. M. Jules Garnier compte employer de longs wagons, du type américain, montés sur avant et arrière-train articulés. Leur longueur totale serait de 14 mètres, leur largeur extérieure de $2^m,05$. Chaque wagon contiendrait 60 places, réparties sur deux banquettes longitudinales, de $0^m,45$ de largeur, avec couloir central de $1^m,10$. Des portes, ménagées à chaque extrémité de ce couloir, permettraient l'entrée et la sortie rapide des voyageurs.

Chaque train sera composé de trois voitures et de deux vastes plates-formes bordées latéralement de grilles ouvrantes pour la montée et la descente des voyageurs. La voiture du centre sera séparée des deux autres par ces plates-formes qui desserviront ainsi chacune une voiture et demie. Chaque train ne comportera que 200 places ; mais ce nombre, assez restreint, sera compensé par une plus grande fréquence de passages.

La traction pourra s'effectuer à l'aide des locomotives sans feu ni fumée, ou par l'électricité.

Tous les véhicules seront munis de freins à serrage simultané du système Achard. Ces freins donnent d'aussi bons résultats que les freins à vide et à vapeur, et ils ont l'avantage de ne produire aucun bruit en fonctionnant.

Le projet comporte trois espèces de gares : les gares sur le parcours d'une ligne ou gares intermédiaires ; les gares aux points où deux lignes de directions différentes se rencontrent, ou gares de tangence ; les gares extrêmes ou terminus.

Les quais d'attente des gares intermédiaires seront simplement formés par l'élargissement de la travée du viaduc, correspondant à la station, et l'on aura accès à ces quais par des escaliers disposés sur le bord des trottoirs. Il en sera de même pour les gares de tangence installées aux points où deux lignes qui allaient se croiser deviennent tangentes. Enfin, on installera les gares terminus dans la partie centrale des boucles de raccordement des voies.

L'éclairage des voies et des gares se fera à l'électricité ou au gaz. Les trains marchant toujours dans le même sens sur une même voie, il n'y a pas lieu d'établir d'autres signaux que les feux nécessaires pour que le mécanicien puisse distinguer les stations, qui seront mises en communication par téléphone.

M. Georges Salomon montre que le réseau choisi, auquel le système est applicable dans de bonnes conditions, répond très heureusement au programme imposé par la commission officielle nommée dans ce but en 1872.

Il comprend dans son ensemble deux lignes, dont l'une, qui constitue une ceinture moyenne, affecte la forme générale d'une boucle oblongue non fermée, ayant la Seine pour grand axe, et dont l'autre, qui coupe la première en deux points, traverse Paris du nord-est au sud en passant par la Cité.

La carte de Paris, annexée au mémoire, permettra de suivre le développement de ces deux lignes, qui ne parcourent que des avenues de grande largeur, convenant, on ne peut mieux, à l'établissement de voies aériennes.

Le réseau, ainsi constitué, pourra être relié directement par sa voie supérieure, à l'aide d'embranchements spéciaux, avec la gare Saint-Lazare et avec celle de Lyon. Il pourra aussi communiquer tangentiellement avec les gares de Vincennes et de Sceaux, et on pourra le relier également, si on le juge nécessaire, avec les gares du Nord et de l'Est. Des lignes complémentaires pourront d'ailleurs être facilement amorcées sur le réseau principal.

La longueur développée de l'ensemble des lignes de ce réseau, y compris les raccordements, est de 27 500 mètres. Les profils en long, faits avec soin, établissent que les rampes ne dépassent en aucun point $0^{m},02$ par mètre. Les courbes sont, en général, de grand rayon, sauf en deux points, aux raccordements tangentiels du carrefour de l'Observatoire et de la place de la République, où l'on a des courbes de 100 mètres.

D'après le devis estimatif de l'entreprise, les dépenses d'établissement des lignes et d'acquisition du matériel complet nécessaire à leur exploitation, ne dépasseront pas 1 800 000 francs par kilomètre. C'est donc environ 50 millions en totalité.

Le projet propose de fixer le prix des billets ouvriers à 0 fr. 10, comme le demande le rapport de la commission de 1872, le prix des secondes à 0 fr. 15 et le prix des premières à 0 fr. 25.

Si l'on admet une exploitation de dix-sept heures par jour, avec des trains de 200 places partant toutes les cinq minutes dans les deux sens, on arrive à 400 trains, c'est-à-dire à une puissance de transport de 80 000 places par jour. Le prix moyen de la place pouvant être évalué à 0 fr. 20, on obtient 16 000 francs de recette brute journalière, soit, pour l'année, 5 840 000 francs. Les frais d'exploitation représentant environ le tiers de cette somme, la recette nette s'abaisse à 3 900 000 francs ou à 8 pour 100 environ du capital d'établissement, pour son revenu et son amortissement.

Quant à l'exécution du projet, un délai de deux ans, de trois au plus, serait suffisant si l'on répartissait le travail entre un certain nombre de maisons de construction. On serait donc prêt avant l'ouverture de l'exposition de 1889.

M. Georges Salomon croit qu'après cet exposé succinct, on pensera comme

lui que le projet de M. Jules Garnier résout à peu près toutes les objections qui ont été faites aux différents projets de chemins de fer aériens. Grâce au principe de la superposition des voies, qui est une des caractéristiques de l'étude de M. Garnier, on pourra desservir la capitale tout entière sans trouées coûteuses et sans travaux de voirie considérables. La disposition du viaduc est telle, que la circulation sur les chaussées voisines ne sera nullement gênée. On ne peut dire non plus que l'aspect de Paris, au point de vue artistique, en souffrira. Dans les grandes avenues, le viaduc suivra à la hauteur des bouquets d'arbres, sans masquer les maisons. Et quand il empruntera les boulevards Poissonnière, Saint-Denis, Saint-Martin, il ne gâtera, certes en rien, l'aspect de ces artères commerçantes. Les propriétaires et les locataires se plaindront d'abord, si éloignés que leurs immeubles et leurs demeures puissent être du chemin de fer aérien. Mais ils ont réclamé, aussi, lorsqu'on a établi de simples tramways sur les boulevards Haussmann èt Malesherbes, et on a justement passé outre. Les prix des loyers ont pu baisser sur ces deux voies, mais on ne saurait imputer cette dépréciation à l'existence des tramways, quelque désagréables qu'on les trouve à certains points de vue. Si M. Salomon insiste sur ces détails, c'est que, faute d'arguments plus sérieux, on les oppose sans cesse aux projets de métropolitains aériens.

Il ne veut pas s'appesantir sur la partie technique du projet de M. Garnier. La part prise par notre collègue, M. Lantrac, à l'étude de ce projet, nous est un sûr garant de sa *practicability*. Il désire seulement appeler l'attention de la Société sur le côté financier, côté fort important à un moment où le budget surchargé de la France paraît assez près de son point de rupture.

M. Garnier a fixé 0 fr. 15 et 0 fr. 25 pour les prix des places de seconde et de première classe. Ces prix sont de beaucoup inférieurs à ceux que les auteurs du projet de Métropolitain souterrain ont soumis à la commission supérieure nommée récemment par M. le ministre des travaux publics. Ainsi que l'a dit M. Deligny au conseil municipal, on avait présenté des prix tels, que le trajet de la gare Saint-Lazare à la Bastille serait revenu à 0 fr. 45, alors qu'on fait aujourd'hui le même trajet en omnibus pour 0 fr. 15. Sur les observations de la commission, les auteurs du projet souterrain ont consenti à des prix inférieurs, mais qui dépassent encore ceux que la commission de 1872 avait établis. Si M. Garnier a pu, lui, adopter les prix indiqués plus haut, c'est la meilleure démonstration de la supériorité de son système, qui peut être même plus économique que les moyens de transport qui le paraissaient le plus jusqu'ici : l'omnibus et le tramway.

M. Georges Salomon ajoute que, pour le Métropolitain souterrain, on jongle avec les millions, on parle de 4, 5 ou 6 millions par kilomètre. Ainsi que M. Richard, l'un de nos anciens présidents, le faisait observer en 1882, il se pourrait que, dans des terrains tels que ceux de Paris, on dépensât jusqu'à 11 millions par kilomètre, prix moyen du kilomètre de voie du Métropo-

litain de Londres. On pourrait donc arriver, pour 27 500 mètres, à une dépense de 300 millions, au lieu des 50 millions prévus, et bien calculés, au projet de M. Garnier.

Le Métropolitain souterrain donnera-t-il des bénéfices plus considérables que le Métropolitain aérien ? M. Salomon ne le croit pas. Si l'on augmente le prix des places, on diminuera le nombre des voyageurs, on fera varier en sens inverse les deux éléments du produit, et l'on n'arrivera pas à plus de 4 millions de bénéfice pour 300 millions de capital. Il faudra donc fatalement recourir aux subventions et à la garantie de l'État, et c'est ce que ne demande nullement M. Garnier pour son projet.

M. Salomon est convaincu que si l'on proposait à la population parisienne d'opter entre le voyage à bon marché, en pleine lumière, en plein air, et le voyage plus coûteux à travers les ténèbres et dans un milieu beaucoup moins salubre, elle n'hésiterait pas.

Il voudrait aussi qu'on demandât aux contribuables s'ils sont disposés à subir de nouveaux impôts, pour que l'on établisse à Paris un chemin de fer, mode anglaise ; pour qu'on fasse marcher, quand même, le commerce des moellons et des meulières, au lieu de s'adresser à nos établissements métallurgiques, atteints par la crise industrielle. Il croit que la réponse des contribuables ne serait pas plus douteuse que celle des voyageurs : ils repousseraient le projet souterrain, et ils acclameraient tous le projet si économique et si pratique de notre confrère, M. Jules Garnier.

M. le Président remercie, au nom de la Société, M. Georges Salomon, qui a bien voulu remplacer M. Lantrac, inscrit pour nous exposer le projet de M. Jules Garnier et qui en a été l'habile collaborateur. Il va donner la parole à M. Jules Garnier, pour présenter des *considérations générales sur les Métropolitains* déjà exécutés à l'étranger, afin de pouvoir les comparer utilement avec les divers projets de Métropolitain de Paris.

M. Jules Garnier commence par remercier M. Georges Salomon qui, à cinq heures du soir, se chargeait de remplacer M. Lantrac ; et l'on a pu voir combien son improvisation a été brillante en même temps que dévouée.

La Société n'en regrettera pas moins l'absence de M. Lantrac, l'habile ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille, en qui M. Garnier a trouvé un précieux collaborateur pour la rédaction de son projet.

M. Jules Garnier signale ensuite les diverses étapes de perfectionnement par lesquelles ont passé les chemins de fer avant d'arriver à pénétrer dans les métropoles élégantes, comme ils le font aujourd'hui, et où, bien loin de heurter les données artistiques, ils concourent, dans une certaine mesure, à leur développement. Il salue, en Eugène Flachat, le père des métropolitains aériens dans Paris, car, dès 1833, cet ingénieur proposait d'arriver sur viaduc métallique jusqu'à la place de la Madeleine.

Déjà, à cette époque, à Londres, le chemin de fer pénétrait dans le cœur de la ville, au *Pont-de-Londres*, et pourtant le Royaume-Uni ne comptait encore que cent lieues de chemins de fer construits.

Londres a eu depuis d'autres exigences il a fallu desservir cette immense ruche qu'on appelle « la Cité, » où sur un espace égal à 3 pour 100 de la surface de Paris s'agitent chaque jour 500 000 personnes, ce qui correspondrait pour Paris à 15 millions d'habitants.

Une pareille densité de population est impossible et 50 000 habitants seulement résident dans la Cité; les 450 000 autres, grâce au Métropolitain, retournent chaque soir au grand air des quartiers excentriques. Ce métropolitain, formé d'une ceinture de 7 kilomètres sur 3 kilomètres et d'une série de boucles extérieures, est principalement souterrain. Le sol, composé d'une argile profonde, imperméable aux eaux, s'est prêté à ce mode de construction, qui n'est pas, d'ailleurs, exempt de nombreux défauts. Il fallut dix ans pour exécuter ce chemin de fer; depuis l'année 1863, où il fut ouvert, les recettes n'ont cessé de croître; elles atteignaient près de 800 000 francs par kilomètre en 1882.

A Berlin, où existait déjà un chemin de fer de ceinture, on s'est décidé pour un viaduc qui coupe la ville de l'est à l'ouest; sa plate-forme a 15^{m},50 de largeur et s'élève de 7^{m},50 au-dessus du sol; elle comporte deux voies spéciales pour les besoins de la ville et deux autres voies pour le transit. Ce viaduc, tantôt métallique, tantôt en maçonnerie, a frayé sa place au travers des quartiers populeux et a pénétré dans les quartiers les plus somptueux, en se tenant au milieu des places et des avenues : on craignait d'abord que la présence de ce viaduc ne nuisît à l'aspect des monuments voisins; il n'en a rien été.

A Montréal, métropole du commerce du Canada, l'ingénieur Charles Legge, a fait et publié un projet grandiose de chemin aérien sur viaduc en fer, à voies superposées, qui a pour but de desservir la ville et de la relier aux réseaux des grandes lignes qui sont au sud et au nord du fleuve Saint-Laurent, dont la largeur dépasse deux kilomètres en ce point. Les plates-formes supérieure et inférieure du tablier sont divisées respèctivement en trois sections, sur chacune desquelles circulent des trains de grande ligne, des trains de tramways à vapeur, des chars et enfin des piétons. Sur chaque section, le mouvement est prévu dans le même sens; de distance en distance, des plans inclinés desservent la ville en recevant piétons et véhicules.

A New-York, où 400 000 voyageurs circulent journellement, on adopta, dès 1869, un projet de métropolitain souterrain, malgré le prix du devis, qui s'élevait à 10 millions de francs par kilomètre ; mais, bien que le sol fût de granit, les eaux des hautes mers envahirent les travaux par des fissures naturelles; il fallut les arrêter. L'étude d'un projet en tranchée conduisit à une dépense de 15 millions le kilomètre; on le jugea ruineux. — Enfin, on se décida pour un aérien. — En 1879, il y avait déjà 50 kilomètres de lignes aériennes et 75 en 1882.

M. Jules Garnier fait passer quatre types des viaducs employés ; les deux voies aller et retour sont tantôt sur la même plate-forme, tantôt sur deux plates-formes séparées. Le principe qui a guidé dans l'établissement des trains

est celui de la *grande fréquence* et, par suite, l'emploi d'un matériel léger. Les trains se succèdent à 45 secondes d'intervalle, avec des arrêts de 15 à 30 secondes et traînent de 2 à 4 voitures de 48 voyageurs. On transporte ainsi 65 millions de voyageurs par an. Le problème a été habilement résolu ; tout le monde s'en félicite et s'étonne d'avoir pu se passer de ce moyen de locomotion, si rapide et si confortable.

A Philadelphie, capitale élégante et active de la Pensylvanie, on traverse la ville sur une large plate-forme, qui a jusqu'à douze voies accolées avec systèmes d'aiguillages et de gares d'évitement. Malgré cette complication et grâce à de nombreuses tours à signaux et manœuvres d'aiguilles, le service est satisfaisant.

A Paris, à cause de la grande densité de la population, qui est le triple de celle de Londres, le besoin d'un Métropolitain est urgent. Depuis 1870, on s'occupe de cette question et il semble qu'on soit près d'aboutir avec un projet comportant un souterrain de grande longueur. Les projets aériens n'ont pas manqué pourtant et M. J. Garnier les rappelle à l'auditoire. Il pense, toutefois, que le sien, dernier venu, a précisément pour cela des chances de succès, car il a pu y introduire tous les perfectionnements faits dans ces derniers temps. Le succès des *aériens* de New-York est une garantie en sa faveur; son chemin de fer aérien ne gênera pas les habitants comme cela a lieu à New-York où on passe trop près des maisons; il n'aura qu'un viaduc au lieu de deux, c'est-à-dire moitié moins de bruit de ce chef ; il emploiera des moteurs sans feu, ni fumée et même sans bruit, tel que celui de M. Honigmann, qui n'a pas même le bruit de l'échappement, attendu que la vapeur va se perdre dans un condenseur garni de soude caustique. Il établira des rails de 35 à 40 mètres de longueur, qu'il est possible de faire aujourd'hui, ce qui diminuera le bruit en diminuant le nombre des joints ; tous les fers de ses constructions seront munis de nervures s'opposant aux vibrations ; enfin, d'autres détails de construction contribueront à réduire au minimum le bruit que provoque d'habitude le passage des trains.

Quant à l'aspect, c'est une question d'art et une question d'argent; le viaduc occupant peu de place horizontalement, étant toujours à 14 mètres au minimum des maisons, pourra recevoir des décorations aussi somptueuses et artistiques qu'on le désirera. Dans son projet, M. J. Garnier a fait une part très large aux frais d'ornementation.

Son projet a trouvé de l'écho auprès de constructeurs de premier ordre et d'un groupe de financiers; il espère qu'il aura fait passer la même conviction dans l'esprit de la Société.

M. Jules Garnier pense aussi que le monde des ingénieurs ne voudra pas consentir à ce que le chemin de fer, qui est l'un de ses triomphes, soit caché sous le sol de Paris, au lieu de s'y élever au grand jour, aujourd'hui surtout, où, grâce au progrès de notre art, il est devenu possible de créer des chemins de fer qui ne conservent aucune trace des moyens bar-

bares de la première heure et peuvent rivaliser d'élégance avec les plus somptueux monuments des villes, sur lesquels ils ont, d'ailleurs, une supériorité indiscutable : l'animation, c'est-à-dire *la vie*.

M. le Président, vu l'heure avancée, ne peut accorder la parole à quelques personnes qui l'avaient demandée, sur la communication très intéressante de M. Garnier; il pense d'ailleurs que cette communication mérite qu'on lui consacre une séance spéciale de discussion, à laquelle pourront prendre part MM. Level, Moreau, Brüll, et les autres membres qui ont des observations à présenter. M. le Président croit donc être l'interprète de l'assemblée en se contentant, pour le moment, d'adresser ses remerciements à M. Garnier. Un autre motif donne d'ailleurs à cette question une importance toute particulière. Le Métropolitain va très probablement être discuté devant les Chambres, et il est du plus haut intérêt que des projets sérieux et bien étudiés de métropolitains aériens puissent être mis en opposition avec le projet souterrain, qui serait à son avis un désastre, afin de permettre aux pouvoirs publics de prendre les premiers en considération et de nous soustraire ainsi à cette difficile et fâcheuse entreprise, consistant à remuer le sous-sol de Paris, et nous promettant la peste à courte échéance. Or, nous ne voulons pas de la peste : nous voulons la vie en plein air, la lumière, et le spectacle si varié et quelquefois si beau de notre Paris.

M. Lavezzari demande si cette discussion aura lieu à la prochaine séance ?

M. le Président répond que l'ordre du jour de la prochaine séance ne le permet pas; d'ailleurs, il est préférable d'attendre l'impression du mémoire de M. Garnier, et, dans un mois, tout le monde aura pu le lire et l'étudier.

M. le Président ajoute encore un mot à propos du banquet commémoratif de la fondation de la Société, qui aura lieu, comme de coutume, le mercredi, 4 mars. Une circulaire sera adressée à tous les membres, dont nous sollicitons le concours pour célébrer dignement cet anniversaire, qui doit servir de trait d'union et de marque de sympathie et d'affection entre tous nos collègues. De plus, dans cette réunion intime, le Président, les anciens, peuvent s'entretenir plus familièrement avec nos jeunes confrères, et les encourager à nous apporter leurs travaux et à accroître la prospérité de la Société.

M. le Président fait savoir qu'il a reçu de M. Guettier, membre de la Société, une lettre dans laquelle notre confrère annonce qu'il est en train de composer une histoire générale des Expositions nationales et universelles en France. C'est un ouvrage considérable qui est déjà fort avancé, et

c'est avec plaisir que M. le Président donne acte à M. Guettier de la présentation anticipée de ce travail, qui sera utile à tous ceux qui étudient les progrès de l'industrie en France.

Messieurs Dumas, Pozzy, Sèvry et Tisserandot ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 20 Février 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.
Le procès-verbal de la séance du 6 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Courtépée, ancien élève de l'École centrale, de la promotion de 1845, qui était connu et aimé de beaucoup d'entre nous.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Gustave Mercier a été nommé grand officier de l'ordre du Takovo de Serbie et, M. Antoine Jury, officier de l'ordre du Cambodge.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Noblot, Président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale.

Monsieur le Président,

En raison des liens qui unissent si intimement votre Société à la nôtre, le Comité que j'ai l'honneur de présider m'a chargé de vous offrir un exemplaire d'un album, que l'Association amicale vient de publier, afin de perpétuer le souvenir des anciens bâtiments de l'École centrale.

Je remplis cette mission avec empressement et je vous prie de vouloir bien accepter l'exemplaire que j'ai l'honneur de vous faire remettre, en même temps que la présente.

Veuillez agréer, etc.

Le Président de l'Association amicale,

AD. NOBLOT,
Sénateur de la Haute-Saône

M. le Président croit être l'interprète de la Société, bien que tous nos confrères ne soient pas anciens élèves de l'École centrale, en remerciant très vivement M. Noblot de son excellent souvenir. Ceux qui sont anciens élèves de cette École aimeront à retrouver dans notre bibliothèque ces vues qui leur rappelleront leur jeune temps; nos autres collègues (car nous sommes tous unis dans cette grande Société du génie civil) examineront également avec plaisir ce vieil hôtel de Juigné, qui a abrité cinquante générations d'ingénieurs, qui est encore debout, mais qui est bien triste depuis notre départ.

La Société a encore reçu de M. Post un travail sur les traverses métalliques.

Ce mémoire de M. Post sera inséré dans nos Bulletins; mais il serait désirable qu'un de nos secrétaires ou un membre de la Société voulût bien l'étudier et en faire un résumé, puisque la question est à l'ordre du jour. M. H. Tresca en a déjà pris connaissance, et lui a donné sa sanction; on peut donc être assuré de l'intérêt que présente ce mémoire.

M. le Président prie enfin la Société d'accepter l'hommage du rapport qu'il a présenté au Conseil supérieur de l'Enseignement technique sur les programmes des Écoles nationales d'arts et métiers.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Léon Malo, sur *les voies asphaltées de Berlin*. M. Léon Malo a la parole.

M. Léon Malo expose que l'encombrement croissant des rues de Paris et l'extrême fatigue qui en résulte pour les chaussées commencent à préoccuper vivement toutes les personnes qui ont charge de la voirie parisienne. Il explique que, d'après les comptages officiels, il est constaté que plus on ouvre de voies nouvelles, plus les anciennes voies sont fréquentées.

Il ressort de cet accroissement incessant que, dans un délai plus ou moins rapproché, les anciens systèmes de chaussées deviendront insuffisants, et qu'il est nécessaire et urgent d'aviser à en trouver de nouveaux.

M. Barabant, ingénieur en chef des travaux de Paris, a reçu mission l'année dernière d'aller en Angleterre pour étudier sur place les diverses questions de voirie, et entre autres la question du pavage. Il a consigné le résultat de ses observations dans une brochure fort intéressante où, rapportant l'opinion de M. le colonel Haywood, l'ingénieur de la Cité, il dit que, selon celui-ci, l'asphalte comprimé est la chaussée de l'avenir. Dans un récent voyage à Berlin, M. Malo a pu constater que l'opinion des ingénieurs allemands est, sur ce point, d'accord avec celle de l'ingénieur anglais.

M. Malo émet l'opinion que, pour résister à la circulation écrasante du Paris actuel et du Paris futur, on doit renoncer aux chaussées dures et résistantes comme le pavé (le macadam ayant été déjà expulsé du Paris central) pour adopter exclusivement des systèmes qui consisteront à interposer une couche relativement élastique comme l'asphalte, le bois, ou toute

autre matière analogue, entre les roues des voitures et l'assiette rigide de la chaussée, c'est-à-dire la couche de béton.

Bien que l'expérience du pavage en bois paraisse avoir été faite dans des proportions quelque peu exagérées, alors qu'on y renonce en plusieurs pays étrangers, il est certain que c'est un acheminement nouveau et venu très à propos, vers la réalisation du principe des chaussées élastiques. A ce titre on ne peut que se féliciter de son apparition, à la condition qu'on ne le multiplie pas outre mesure avant qu'il ait complètement fait ses preuves.

M. Malo entre ensuite dans quelques développements sur les causes qui ont amené la défaveur momentanée sous laquelle l'asphalte comprimé a failli succomber dans ces dernières années à Paris, tandis qu'il prenait au contraire, dans plusieurs autres capitales, une place considérable. Il explique comment, durant cinq années, de 1877 à 1883, la construction et l'entretien des chaussées asphaltées à Paris ont été, par suite d'un accident d'adjudication, retirés à la Compagnie qui les avait importées et acclimatées en France; comment, en sortant de ses mains, ils sont tombés, de par la loi du rabais, dans celles d'une entreprise dont il suffira de dire qu'après avoir déplorablement contaminé ces chaussées, en y introduisant des matériaux suspects, elle a sombré dans une catastrophe financière retentissante, laissant à ceux qu'elle avait supplantés la tâche de guérir le mal qu'elle avait fait. Ces choses sont de notoriété publique dans le monde des travaux.

Depuis dix-huit mois, on travaille à conjurer les suites de cette coûteuse erreur; on a dû ainsi reconstruire l'année dernière de fond en comble la rue de Richelieu et quelques autres, en même temps que l'on maintenait le reste à peu près en état de viabilité.

Cette éclipse momentanée et partielle de l'asphalte à Paris a évidemment contribué à ouvrir toute grande la porte au pavage en bois; M. Malo est le premier à reconnaître que l'on doit s'en féliciter. Lorsque l'heure dernière du pavé de pierre aura sonné, ce ne sera point trop de ces deux auxiliaires pour le suppléer. Tous deux ont d'ailleurs leur place distincte, marquée dans la voirie parisienne; le bois, si la vaste expérience qu'on en fait actuellement réussit, restera qualifié pour le pavage des grandes voies largement aérées; l'asphalte, pour les rues étroites où le bois, avec sa nature spongieuse et sa propension à absorber l'humidité, pourrait, s'il était inconsidérément multiplié, causer de graves dommages à l'hygiène publique. Les villes de Londres, de New-York et de Washington en ont fait, des premières, la fâcheuse expérience; leurs mécomptes doivent nous profiter.

Quoi qu'il en soit, il paraît maintenant certain que la chaussée de demain sera nécessairement une chaussée élastique et insonore, en même temps que solide. Le pavé de pierre n'est plus de force à se défendre contre le travail destructif qu'il a désormais à supporter. S'il est simplement posé sur forme de sable, à la manière antique, il se disloque rapidement, devient inégal et finit par présenter des dénivellations de nature à favoriser la détérioration des véhicules. S'il a pour assiette un lit de béton rigide,

comme c'en est la mode depuis quelque temps, il devient horriblement dur et bruyant; sans compter que, dans certaines rues très fréquentées, on le voit, broyé entre sa fondation inflexible et les roues des voitures, se fendre parfois, se pulvériser et nécessiter par là des réparations continuelles. Les jours du pavé sont donc comptés; lorsqu'un essai de durée suffisante aura désigné les chaussées élastiques les meilleures, asphalte, bois ou autres encore inconnues, le pavé de Philippe-Auguste ira rejoindre le macadam dans la banlieue et sur les grandes routes.

Après ces observations préliminaires, M. Malo raconte ce qu'il a vu à Berlin. Il donne le détail et la surface des différentes sortes de chaussées qui existaient dans cette capitale, il y a dix ans, et de celles qui existent aujourd'hui. Il résulte de ces documents statistiques (dont on trouvera les chiffres au compte rendu *in extenso*) que la surface des chaussées en asphalte comprimé s'est développée dans des proportions inattendues et avec une extrême rapidité, puisque, de 10 000 mètres carrés qui existaient en 1876, elle s'est élevée en 1884 à 320 000 mètres carrés.

Le pavage en bois, qui avait d'abord pris une certaine extension, a été successivement réduit et remplacé par l'asphalte. M. Malo pense que cet ostracisme, basé dans l'esprit de la population sur la mauvaise odeur de la créosote, n'a pas de raison d'être. Le pavage en bois non injecté de créosote pourrit rapidement à Berlin et devient impraticable; le bois injecté s'y conserve bien, mais on trouve qu'il sent mauvais en été, et l'on n'en veut plus; à tort certainement, car le bois fortement injecté est aussi hygiénique que le bois non injecté l'est peu, et rien ne s'oppose à ce qu'il soit employé avec discrétion dans les voies très aérées. Néanmoins le préjugé a prévalu et, tant par son odeur lorsqu'il est saturé de goudron, que par sa propension à la pourriture lorsqu'il est, comme celui de Paris, trempé seulement, le pavage en bois paraît être définitivement condamné à Berlin.

L'asphalte au contraire semble destiné à supplanter le pavé de pierre dans les rues de luxe de la capitale allemande. Il est vrai qu'il est exécuté avec des soins, et que sa pose est surveillée avec une vigilance qui ne laissent aucune porte ouverte à la malfaçon; on n'a donc pas à craindre que les incidents fâcheux survenus à Paris en ces dernières années à propos de l'asphalte, se reproduisent à Berlin. L'assiette en béton est faite en ciment de Portland avec une épaisseur de $0^m,20$ à $0^m,22$. L'asphalte provenant des meilleurs gisements (comme Seyssel, Val-de-Travers, Ragusa-Sicile) est préparé et posé avec des précautions extrêmes. Les résultats obtenus sont excellents, et jusqu'au mois de novembre dernier, époque où M. Malo a visité ces chaussées, les réparations étaient presque nulles.

Au surplus, les travaux qui s'exécutent à Paris depuis deux ans, en vue de remettre en état de viabilité les voies asphaltées compromises par les incidents dont il a été parlé plus haut, la chaussée de la rue de Richelieu, par exemple, reconstruite depuis dix-huit mois, et plusieurs autres encore, montrent qu'il suffisait, à Paris comme à Berlin, d'employer de bonnes matières et de les appliquer correctement pour obtenir le même résultat.

M. Malo termine en exprimant la pensée que, dans les circonstances actuelles, cette réhabilitation est d'une importance considérable et que, à ce titre, la question qu'il vient de traiter devait être posée devant la Société des Ingénieurs civils.

Après la lecture de son *Mémoire*, M. Malo donne quelques explications sur le principe et le mode d'exécution des chaussées en asphalte comprimé.

Aux termes du nouveau cahier des charges des travaux d'asphalte de la ville de Paris, les prix de l'asphalte comprimé sont :

Couche d'asphalte de Seyssel ou du Val-de-Travers comprimé à 0,05 d'épaisseur, le mètre superficiel.	fr.	14 »
Béton de ciment de Portland servant d'assiette à l'asphalte, à 0m,15 d'épaisseur, le mètre superficiel.	»	5,40
Ensemble, asphalte et béton	fr.	19,40

Exceptionnellement, la rue de Richelieu refaite, il y a dix-huit mois, a été établie, en raison de son trafic excessif eu égard à la largeur de la chaussée, avec des épaisseurs différentes.

Asphalte à 0m,06 d'épaisseur, le mètre superficiel.	fr.	16 »
Béton de ciment à 0m,20 d'épaisseur, le mètre superficiel.. .	»	7 »
Ensemble, asphalte et béton.	fr.	23 »

De ce prix, il y aurait lieu de déduire le rabais négligeable de 0,10 pour 100 (un pour mille) consenti par l'entrepreneur (la Compagnie générale des asphaltes de France).

Les prix de la ville de Berlin sont très sensiblement les mêmes que ceux de Paris.

Asphalte comprimé (Seyssel, Val-de-Travers ou Sicile) à 0m,05 d'épaisseur, le mètre superficiel 11 marks, soit.	fr.	13,75
Béton de ciment, à 0m,20 d'épaisseur, le mètre superficiel, marks 4,50, soit	fr.	5,62
Ensemble, asphalte et béton.	fr.	19,37

Le pavage en bois posé à Paris en ces derniers temps est formé d'un lit de béton de ciment de Portland de 0m,15, recouvert d'un revêtement en pavé de sapin de 0m,15 d'épaisseur, trempé dans la créosote (mais non injecté), les fibres placées verticalement.

Le mètre superficiel de ce genre de pavage est payé	fr.	23 »
L'entretien annuel des chaussées de Paris est payé, savoir :		
L'asphalte comprimé, le mètre superficiel . . . . (sous déduction de 0m,10 pour 100 de rabais.)	fr.	2 »
Le pavage en bois (selon les entreprises), le mètre superficiel, de fr. 2,60 à	fr.	2,95

La réception définitive des travaux d'asphalte se fait dans le mois de mai de l'année qui suit celle de l'exécution, et le prix d'entretien à forfait n'est compté qu'à partir du mois de janvier suivant.

La réception du pavage en bois est faite à la fin de l'année d'exécution, et le forfait commence à être payé le 1er janvier suivant.

L'entretien gratuit des chaussées peut donc être pour l'asphalte au maximum deux ans, et au minimum un an; pour les chaussées en bois, un an au maximum, et au minimum zéro.

L'établissement du pavage en bois est payé par annuités, à raison de 2 fr. 42 par année et par mètre superficiel, pendant dix-huit ans.

La ville de Paris perçoit un droit d'entrée de 7 fr. 20 par 1 000 kilogrammes sur l'asphalte et le bitume épuré.

M. Malo demande la permission d'ajouter quelques mots à sa communication. Il convient peut-être de rappeler quelles sont les conditions, le principe et le système d'exécution des chaussées en asphalte comprimé. Le mode d'emploi est généralement connu, puisque ces travaux s'exécutent à Paris sous les yeux de tous; mais, il y a peut-être quelque chose que l'on ne sait pas aussi bien et qu'il convient de mettre mieux en lumière.

L'asphalte est un calcaire qui s'exploite dans certaines régions, assez rares du reste. Ce calcaire n'est pas autre chose qu'un carbonate de chaux parfaitement pur, imprégné naturellement de bitume. On n'est pas d'accord sur la manière dont ce bitume a pénétré le calcaire : les uns prétendent qu'il y est arrivé à l'état liquide; les autres à l'état de vapeur; dans tous les cas, il y a produit un phénomène qui donne un résultat très curieux.

Les bancs de calcaire pur sont naturellement solides et homogènes, et cependant, partout où ce calcaire a été imprégné par le bitume, il a cessé d'être homogène et solide, dans ce sens, que si l'on prend un morceau de ce calcaire imprégné de bitume, et si on le chauffe, il tombe en poussière; si on le regarde au microscope, on voit qu'il est composé de grains très fins de calcaire blanc revêtus d'une couche très mince de bitume, au moyen de laquelle chaque molécule est collée à sa voisine. Si l'on chauffe ce morceau d'asphalte, le bitume qui rattache les molécules entre elles se ramollit, les molécules se séparent, et cette dissociation produit une poudre semblable à celle contenue dans ces flacons. C'est sur cette propriété très singulière de l'asphalte qu'est fondé le système des chaussées en asphalte comprimé. Il ne faut pas croire que le calcaire soit imprégné de bitume comme un corps est imprégné d'huile : si l'on prend du plâtre, par exemple, si on l'imprègne d'huile, si on enlève ensuite cette huile, le morceau de plâtre redevient ce qu'il était auparavant sans avoir rien perdu de sa solidité; tandis que, pour l'asphalte, si l'on enlève le bitume, il ne reste plus que de la poussière de carbonate de chaux.

Primitivement, on exploitait l'asphalte, pour obtenir du gaz d'éclairage ou des huiles bitumineuses. Les voitures qui transportaient ce minerai laissaient tomber des morceaux sur la route; ces morceaux se

ramollissaient sous l'action du soleil, se mettaient en poussière qui, en s'agglomérant à la longue sous la compression des roues, finissait par faire de l'asphalte comprimé. Dans toutes les mines d'asphalte, partout où il y a un service de voitures conduisant le minerai, on voit des chaussées naturelles d'asphalte comprimé ainsi formées.

Voilà le principe du système trouvé; seulement, le mode d'application n'était pas parfaitement pratique. En étudiant la question pour l'emploi de l'asphalte à la construction des chaussées des villes, on a procédé autrement : on a commencé par broyer la matière à froid et par la réduire en poudre fine ; puis, on l'a chauffée, et on l'a répandue sur la chaussée; on l'a ensuite comprimée avec des pilons et des rouleaux. Mais, comme cette poudre doit être portée à une température assez élevée pour que la cohésion nouvelle se produise ; comme, d'autre part, on est obligé de répandre cette poudre très chaude sur une couche de béton qui n'est pas toujours complètement sèche, il arrive que la température de la poudre qui est de 120 à 130 degrés, vaporise l'humidité du béton, et cette vapeur, traversant la couche d'asphalte, la découpe, la désagrège en donnant naissance à ces trous et à ces détériorations qui ont été signalés dans ce système de fondation dès son origine. Il s'agit en ce moment du béton en mortier de chaux. Depuis quelques années, la ville de Paris a prescrit l'emploi du béton de ciment à forte épaisseur, et l'inconvénient signalé ne se produit plus; les chaussées ainsi fondées depuis deux ans par la ville de Paris sont à peu près irréprochables. C'est aussi ce qu'on a fait à Londres et à Berlin. Voici un échantillon provenant de la rue de *Cheapoide*, à Londres, on peut voir l'épaisseur du béton qu'on a employé. Ceux qui sont allés à Londres savent quelle est l'importance de la circulation dans cette rue ; voilà quatorze ans qu'elle est ainsi asphaltée et elle n'a presque jamais été réparée.

A Berlin, c'est exactement la même chose : toutes les chaussées sont posées sur une couche de béton de ciment de $0^m,20$ ou $0^m,22$ d'épaisseur, et les résultats sont excellents.

Quant aux avantages et aux inconvénients de l'asphalte, tout le monde les connaît aujourd'hui, et il est inutile d'insister. Le seul inconvénient des chaussées en asphalte comprimé, est le glissement des chevaux : ils glissent sur l'asphalte plus que sur n'importe quel autre pavage. C'est incontestable, mais ce glissement a lieu seulement lorsqu'une pluie fine commence à tomber sur l'asphalte; lorsque l'asphalte est sec ou très mouillé, il est très rare que les chevaux glissent. C'est donc une simple question d'arrosage. De plus, sur les chaussées en asphalte, il n'y a pas de sonorité, et il y a absence de boue et de poussière. Mais, leur grande qualité, c'est l'avantage qu'elles présentent au point de vue de l'hygiène : l'asphalte est absolument hydrofuge, et ne laisse passer aucune espèce de matière quelconque à l'exception de ses dissolvants naturels, comme le pétrole, l'éther et le sulfure de carbone; il est donc absolument purifiant et hygiénique pour les petites rues étroites qui, avec le pavage de

pierre ou de bois, restent très longtemps humides. En résumé, M. Malo croit que la solution du problème de la voirie serait de donner au pavage en bois les rues larges, comme les boulevards et les Champs-Élysées, et de réserver l'asphalte, qui sèche immédiatement, pour les rues étroites.

M. Dallot désire poser une question à M. Malo sur l'emploi de l'asphalte dans les parties en pente des chaussées.

M. Malo vient de reconnaître lui-même qu'en retour de ses avantages l'asphalte a un inconvénient : la tendance au glissement quand sa surface est humide. Cet inconvénient qui est léger et tolérable, d'après une expérience déjà longue, pour une chaussée à peu près plane, paraît devoir être sérieux s'il s'agit d'une voie sur laquelle circulent de lourds véhicules et dont en même temps le profil en long est très accidenté. Quelle est la solution à adopter en pareil cas?

M. Léon Malo dit que l'effet du glissement s'accentue encore dans les parties inclinées ; il est d'avis que, au delà d'une certaine pente, il y a inconvénient à employer l'asphalte. D'ailleurs, chaque système a ses avantages et ses inconvénients, et l'inconvénient du glissement, dans le cas de l'emploi de l'asphalte, est, il le reconnaît, d'autant plus grand que la pente est plus forte ; mais seulement pendant un très petit nombre de jours dans l'année. D'ailleurs, un lavage tant soit peu soigné supprimerait en tout temps et d'une façon absolue l'inconvénient du glissement.

M. Dallot demande quelle limite de pente il est possible d'admettre.

M. Léon Malo dit qu'avec un lavage ordinaire il n'hésiterait pas, par exemple, à employer l'asphalte sur le boulevard Poissonnière, mais il n'irait pas plus loin, et ne le conseillerait pas pour une pente plus forte. D'ailleurs, le cheval glisse, c'est évident ; mais, s'il s'abat sur l'asphalte, il se fera moins de mal que sur le pavé. Ce qu'il y a de plus dangereux, en fait de pente, c'est le bombement de la chaussée. Dans les premiers temps où l'on faisait des chaussées en asphalte, les ingénieurs, probablement à un point de vue esthétique, voulaient donner à l'asphalte le même bombement qu'au pavé ; on a été plusieurs années à obtenir que ce bombement fût supprimé et qu'on ne donnât que juste ce qu'il fallait de pente transversale pour l'écoulement des eaux. Quand il y a un bombement trop fort, le cheval glisse beaucoup parce qu'il s'écarte. Le glissement latéral est très dangereux pour le cheval. Depuis qu'on a supprimé le bombement, cet inconvénient a à peu près disparu.

M. Dallot demande si, sur la rampe du boulevard Poissonnière, qui part du carrefour Montmartre, les démarrages ne sont pas difficiles pour les lourds omnibus qui circulent sur cette voie, lorsque la chaussée est humide?

M. Léon Malo répond que oui, alors qu'elle est humide de boue grasse ; non, si elle est humide à la suite d'un lavage ou d'une pluie franche. Il arrive peut-être quinze ou vingt jours dans l'année qu'une petite pluie fine tombe et forme une espèce de limon sur la chaussée ; si on ne lave pas de suite, des glissements sont à redouter ; mais chaque fois que la chaussée est sèche ou bien lavée, il n'y a pas de glissement.

M. Périssé demande quel est le prix d'un pavage comme celui qui nous est présenté, qui paraît très remarquable, très dur et très résistant, avec un lit de béton de ciment, car M. Malo a dit que le béton de ciment s'imposait.

M. Léon Malo répond que cela dépend de l'épaisseur de béton; aujourd'hui, on fait, à Paris, des couches de 15 à 18 centimètres d'épaisseur de béton.

M. Périssé demande si, en définitive, ce pavage est plus cher ou moins cher que le pavage en bois.

M. Léon Malo répond qu'il est certainement moins cher.

M. Seyrig dit qu'il est question, en ce moment, d'un pavage nouveau expérimenté à Berlin et qui, s'il est bien informé, consisterait en briques ou matière céramique imprégnée d'asphalte. Il n'a pas de renseignement sur ce point, et demande à M. Malo s'il peut nous donner quelques indications sur ce nouveau mode de pavage.

M. Léon Malo croit que c'est une simple mystification. Voici quel est le système. Toute espèce de matière poreuse peut s'imprégner d'asphalte. L'inventeur de ce système (qui, du reste, n'a jamais été appliqué à Berlin, sauf peut-être pendant quelques jours), l'inventeur croyait qu'en introduisant du bitume dans de la brique, il donnerait à cette brique les propriétés de l'asphalte et lui communiquerait une sorte d'élasticité. Ce qui donne l'élasticité à l'asphalte, c'est l'agglomération de ses grains de calcaire collés entre eux par le bitume. L'inventeur en question pensait qu'il obtiendrait cette élasticité en introduisant simplement du bitume dans la brique. C'était une grosse erreur. Si l'on introduit du bitume dans une brique, comme dans du plâtre, on ne change rien à leur constitution moléculaire; si l'on enlève le bitume, la brique et le plâtre reprendront le même état qu'auparavant, tandis que si l'on enlève le bitume de l'asphalte, celui-ci tombe en poussière. Le bitume qui, par sa présence, donne l'élasticité à l'asphalte, n'en donne donc et n'en peut donner aucune à la brique. M. Malo répète que, selon lui, le système dont on parle, n'a pas été appliqué à Berlin, ou, s'il a été essayé, il a été supprimé immédiatement.

M. Lebrun désire demander à M. Malo s'il pourrait, dans le compte rendu, donner un aperçu des prix; ce serait un complément utile de sa communication d'aujourd'hui. Il serait intéressant d'avoir les prix du système à Paris ou à Berlin, suivant les épaisseurs de chaussée.

M. Dallot demande si une épaisseur de $0^{m},15$ de béton n'est pas trop faible pour un fort trafic.

M. Léon Malo répond que, dans les rues fatiguées, c'est insuffisant. A Berlin, on met toujours une épaisseur de 20 à 22 centimètres.

M. le Président pense que, si M. Malo avait l'obligeance de joindre à sa communication, un petit tableau indiquant les prix, soit à Berlin, soit à Londres, il rendrait service à la Société.

M. Léon Malo ajoutera très volontiers ce renseignement; il ne l'a pas fait aujourd'hui pour ne pas introduire trop de chiffres dans sa communication.

M. le Président demande s'il n'y a plus d'observations.

M. Noblot dit qu'on a beaucoup insisté sur le glissement des chevaux; il demande si l'on n'a pas essayé de strier l'asphalte pour former des pavés rectangulaires, afin de diminuer cet inconvénient ?

M. Léon Malo répond qu'on a appliqué les stries seulement pour les entrées de portes cochères; mais on ne peut le faire sur les chaussées, parce que c'est contraire au principe même sur lequel est fondé le système. Ce sont, en effet, les voitures qui achèvent la compression, commencée au moment de la pose par les pilons et les rouleaux, et les stries auraient disparu au bout de quinze jours. On s'est gardé également de jeter du sable à la surface, parce que le sable pénétrerait à l'intérieur et dégraderait la croûte asphaltique.

M. Malo doit faire remarquer que l'asphalte comprimé ne comporte l'introduction d'aucune matière étrangère. C'est, il le répète, une matière relativement élastique que la circulation des voitures comprime sans cesse; plus l'asphalte est ancien, plus il est dur et solide.

M. le Président pense que, dans les écuries, les stries n'ont plus d'inconvénient, parce qu'il n'y a pas là cette compression dont il vient d'être parlé.

M. Léon Malo répond que, dans les écuries, on ne met généralement pas d'asphalte comprimé, mais de l'asphalte coulé comme celui des trottoirs, dont les stries sont moulées et qui résiste mieux aux pieds des chevaux.

M. le Président remercie M. Malo de sa très intéressante communication, qu'il lui appartenait de faire comme un des plus anciens et des plus persévérants promoteurs de l'emploi de l'asphalte comprimé; il le remercie d'autant plus qu'il a fait le voyage de Lyon exprès pour lire son travail à la Société.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Auguste Gillot, sur *la cause et la nature de la force*. M. Gillot a la parole.

M. Gillot fait d'abord remarquer que la définition vulgaire que l'on donne de la force est, selon lui, un aveu pur et simple de l'ignorance où l'on se trouve de la cause de la force. Il n'y a donc pas à en tenir compte. Laplace pensait que cette cause resterait toujours inconnue; M. Gillot espère pourtant démontrer le contraire, et faire voir qu'il n'y a qu'une seule cause de force dans l'univers : le fluide électrique.

Dans ce but, il divise les mouvements en deux classes : ceux appartenant au régime organique, soit dans le règne végétal, soit dans le règne animal; et ceux appartenant au régime inorganique, soit à la surface du globe, soit dans l'espace.

Mouvements appartenant au régime organique végétal. — Les phénomènes d'absorption des plantes sont généralement attribués par les physiciens à une attraction moléculaire particulière, la capillarité; mais la matière étant inerte, n'exerce par elle-même aucune action attractive ou répulsive; ces mouvements doivent donc être entièrement attribués au fluide électrique. D'ailleurs, ces phénomènes étant évidemment des phé-

nomènes chimiques, leur cause unique est le fluide électrique. Il y a un fait très remarquable dans la nutrition de la plante, c'est la transformation de corps gazeux en corps solides, comme dans le bois, par exemple. On peut se faire une idée de la puissance des forces mises en jeu par le nombre de calories mises en liberté dans la décomposition de l'eau et dans celle de l'acide carbonique. A ce propos, M. Gillot croit devoir redresser une erreur généralement répandue qui consiste à attribuer à la combustion de l'hydrogène une production de température plus élevée qu'à la combustion du carbone; c'est l'inverse qui a lieu, car l'hydrogène produit de l'eau, qui absorbe 606 calories par kilogramme formé, et diminue ainsi considérablement la température du produit formé par la combustion. M. Gillot arrive à une température de :

pour le carbone. . . . . 1448°
pour l'hydrogène . . . . 1384°,85.

Mouvements appartenant au régime organique animal. — M. Gillot prend comme exemple, l'homme. Les sources de la force nécessaire à ses mouvements sont : la respiration et la nutrition. La respiration a pour effet la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone fourni par le sang, et la production d'acide carbonique; cette combinaison dégage une quantité de chaleur et, par suite, une quantité d'électricité correspondante.

Dans la nutrition, il y a deux phases distinctes: l'une, d'absorption de chaleur qui accompagne la décomposition des substances dans l'estomac; l'autre, de dégagement de chaleur accompagnant le travail d'assimilation; toutes ces réactions sont dues à des évolutions électriques.

Mouvements dus à la nature inorganique. — Machine à vapeur. — M. Gillot essaye de démontrer ici que la chaleur et l'élasticité sont des propriétés exclusives du fluide électrique. Il fait remarquer que lorsque l'on comprime un gaz, on développe de la chaleur et l'on fait naître l'élasticité du gaz; or, comme les molécules composant ce gaz sont invariables de forme et de volume, il faut bien en conclure que la compression et le dégagement de chaleur appartiennent au fluide qui relie ces molécules, c'est-à-dire au fluide électrique. M. Gillot conclut immédiatement de là que la vapeur est une combinaison de l'eau avec le fluide électrique; la machine à vapeur est l'appareil de génération d'électricité destiné à produire cette combinaison. D'un autre côté, on peut aussi considérer le foyer générateur de chaleur, où se brûlent le carbone, l'hydrogène ou les hydrocarbures, comme l'appareil de production des énormes quantités d'électricité nécessaires à la combinaison. Le même raisonnement s'appliquerait à toutes les machines thermiques.

Vent. — Le vent est de l'air qui se déplace; presque tous les mouvements d'air sont dus à l'action solaire. Or la radiation solaire n'a pas d'autre cause

que des évolutions électriques, et le soleil n'est qu'un puissant aimant dont l'action sur sa propre matière détermine la chaleur et la lumière dont il est doué.

D'autres mouvements atmosphériques sont dus aux tremblements de terre et aux volcans. L'origine de ces phénomènes doit être attribuée à la formation de vapeur d'eau entre l'écorce minérale solidifiée et la matière intérieure incandescente ; or, la formation de vapeur n'est pas autre chose qu'une évolution électrique.

Pesanteur. — M. Gillot combat avec toute la vivacité de sa conviction le système de l'attraction universelle de Newton, en vertu duquel les astres s'actionneraient les uns les autres comme si toute leur masse était réduite à un point matériel qui est le centre. M. Gillot prétend que le système de Newton est faux et ne résiste pas à l'examen. Il soutient que le centre des astres est un point absolument nul, qui n'exerce aucune action, puisque ces astres sont des aimants. Il pense au contraire que la pesanteur n'est autre chose que l'attraction des deux foyers polaires terrestres exercée sur tous les corps ; sa direction ne passe donc pas par le centre (sauf pour les points situés sur l'équateur) ; mais elle passe par un point de l'axe magnétique. Chacun de ces foyers est, pour la terre, distant du centre de $106^{km},592$, d'après M. Gillot, qui a répété les mêmes calculs pour chacun des astres de notre système; il a trouvé ainsi une corrélation entre ces distances et l'excentricité des orbes décrits par ces mêmes astres.

Métamorphisme. — Ce phénomène, qui consiste dans les modifications qu'ont subies certaines roches à des époques postérieures à celles où elles ont été déposées, fournit à M. Gillot une nouvelle occasion de développer sa théorie des évolutions électriques auxquelles il attribue encore les phénomènes en question.

Résistance des matériaux. — M. Gillot ne pense pas que l'on puisse rien déduire de bien concluant des expériences faites jusqu'ici sur la résistance des matériaux, ni des différentes hypothèses admises et présentées sous forme de lois plus ou moins empiriques. Selon lui, la cohésion de la matière, et la résistance qu'elle oppose à sa désagrégation sont des effets électriques très nets. Par suite, la véritable voie pour l'étude de la résistance des matériaux, c'est la chaleur, qui est une propriété exclusive du fluide électrique.

Ainsi, prenant le fer comme exemple, M. Gillot propose d'opérer sur un poids connu de ce métal, que l'on fait fondre; puis on recueille sa chaleur au moyen de glace qui fond à son tour et correspond à une quantité de chaleur qui peut être calculée. Cette quantité de chaleur, multipliée par l'équivalent mécanique 425, donne le travail nécessaire pour produire la désagrégation de la quantité de fer soumise à l'expérience. Ainsi chaque kilogramme de glace fondu correspondra à :

$79 \times 425 = 33\ 575$ kilogrammètres.

M. Gillot ne se dissimule pas d'ailleurs les difficultés que cette manière d'opérer peut rencontrer en pratique, à cause de la rareté du fer très pur.

En faisant des expériences de cette nature, il est arrivé à une conclusion qui lui paraît avoir une grande importance et pourrait donner lieu à des conséquences très graves, si elle était confirmée : c'est que la composition du fluide électrique ne serait pas simple, mais complexe !

Quelques effets de la pesanteur et leurs conséquences. — M. Gillot passe en revue quelques phénomènes qui découlent de la pesanteur, et cherche à montrer leur liaison avec les évolutions électriques. Il affirme notamment que la chaleur ne peut *se changer* en travail, ni inversement le travail en chaleur; il peut y avoir *équivalence* entre les effets produits, mais on attribue à l'effet ce qui appartient à la cause, c'est-à-dire au fluide électrique. Il montre ensuite comment les oscillations séculaires de l'aiguille aimantée, dont la déviation totale est de 23°,28 de part et d'autre de l'axe magnétique, se lient à la fixation de la région des foyers polaires. La distance de ces foyers à un point déterminé de la périphérie permet de calculer la température qui doit exister en chacun de ces foyers, en tenant compte de l'accroissement de température de 1 degré par 30 mètres de profondeur. M. Gillot arrive ainsi à 208 241 degrés. Pour le centre de la terre, un calcul d'un autre ordre le conduit à 106 289°,96. Enfin, la température moyenne du globe est une racine positive de l'équation exponentielle :

$$0,0180995475 = x \times 0,999^{(x-1)}$$

On trouve ainsi 13 517 degrés.

Ces températures peuvent paraître élevées, mais M. Gillot fait observer que l'énorme pression qui se manifeste dans ces régions s'oppose à la volatilisation des matières, que l'on pourrait croire certaine. Il fait remarquer, en passant, que ces calculs sont excessivement longs et pénibles, et que les méthodes ordinaires se trouvent insuffisantes dans ce cas; aussi, ne faut-il pas s'étonner qu'il ait passé des mois et même des années à la solution de ces problèmes.

La densité moyenne du globe, de 5,48, donnée par Cavendish, permet d'arriver à une confirmation de ces résultats. M. Gillot détermine au moyen de cette densité le poids de la terre, et en déduit la quantité totale de chaleur sensible en divisant par 425; cette quantité peut être égalée au produit que l'on obtient en multipliant la masse par la température moyenne et par la caloricité, et de cette équation on peut déduire la température moyenne. M. Gillot, en faisant diverses hypothèses sur la caloricité, a obtenu un chiffre moyen s'écartant peu de celui donné ci-dessus.

Mouvements accomplis dans l'espace par les astres. — M. Gillot établit d'abord que l'espace n'est pas vide, mais rempli d'un fluide impondérable, sans chaleur, sans élasticité, dont le rôle paraît être de transmettre le mouvement, la chaleur et la lumière des astres, des uns aux autres. Il contredit ensuite, d'une façon absolue, l'explication donnée de la précession des équinoxes, phénomène entièrement dû, suivant lui, à la résistance du milieu. On l'explique, dit-il, par le renflement équatorial terrestre; or la

lune, qui n'a pas de renflement équatorial, a cependant une précession des équinoxes très notable.

Il combat également l'hypothèse de Laplace en vertu de laquelle notre monde aurait passé par l'état de nébuleuse; il affirme qu'il n'existe pas de nébuleuses et que le grand télescope de lord Rosse l'a démontré.

Il décrit les différents mouvements auxquels les planètes sont soumises, et donne des explications relatives à chacun de ces mouvements.

Il ajoute que le soleil parcourt un grand cycle, et que la durée du parcours de ce cycle est de 822 000 ans, au minimum; le temps depuis lequel la terre tourne autour du soleil correspondrait à 12 cycles, et le temps écoulé depuis l'apparition de l'homme sur la terre, au moins à 2 cycles, soit 1 700 000 ans.

M. le Président fait remarquer à M. Gillot que l'heure est bien avancée, et le prie d'arriver à sa conclusion.

M. Gillot n'a plus que quelques mots à dire.

Le mouvement de tous les astres est elliptique; l'existence de leur orbite est entièrement due à l'attraction électrique qui s'oppose à leur mouvement en ligne droite, et la forme de cet orbite est motivée par l'existence des deux foyers polaires de l'astre, dont la forme ellipsoïdale est exactement reproduite dans celle de la courbe qu'il décrit.

M. Gillot est convaincu qu'on a raison d'attribuer l'existence des petites planètes à la rupture d'un astre plus gros; pour lui, il attribue à une cause analogue l'existence des satellites de tous les astres, y compris la lune.

Le tableau reproduit ci-contre fait connaître les éléments principaux des planètes de notre système, déterminés par M. Gillot.

Tableau des températures moyennes, des équivalents mécaniques de la chaleur à la surface, des distances en kilomètres des centres aux foyers polaires, de la durée moyenne du jour en jours de la terre, de l'inclinaison des orbites sur le plan de l'écliptique, de l'inclinaison des orbites sur l'équateur solaire, des distances moyennes au soleil en rayons moyens de l'orbite terrestre, des excentricités et de l'état actuel des dix planètes principales composant notre univers solaire et du soleil.

ASTRES	Température moyenne intérieure, en degrés centigrades.	Equivalent mécanique de la chaleur à la surface en kilogrammètres.	Distance en kilomètres du centre de l'astre aux foyers polaires.	Durée moyenne du jour en jours de la Terre.	Inclinaison de l'orbite sur le plan de l'écliptique.	Inclinaison de l'orbite sur l'équateur solaire, d'après Cassini.	Distance moyenne au soleil, en rayons moyens de l'orbite terrestre.	Excentricité du sphéroïde.	ÉTAT ACTUEL
Vulcain?.......	0°	»	»	»	»	»	»	»	Solide.
Mercure........	260°,45	815,70	495,50	24h 5′	7° 0′ 8″	3°10′	0,38710	0,2056063	Id.
Vénus..........	10638°	540,02	41,678	23h21′21″	3°23′35″	4° 6′	0,72333	0,0068618	Liquidité ignée.
La Terre.......	13518°	425	106,592	23h56′ 4″	»	7°15′	1,00000	0,01679226	Id.
La Lune........	13°,72	2567	95,64	27j 7h43′11″	5° 8′48″	»	»	0,055	Solide.
Mars...........	1456°	1136,36	321,31	23h37′22″	1°51′ 2″	6°50′	1,52369	0,0932168	Liquidité ignée.
Jupiter........	15719°,90	170,34	3317,16	9h55′41″	1°18′42″	6°22′	5,20279	0,0481621	Id.
Saturne........	2028°,20	386,38	3425,18	10h29′17″	2°29′28″	5°55′	9,53885	0,0561505	Id.
Uranus.........	2305°,31	401,90	1287,60	»	0°46′29″	»	19,18263	0,0466	Id.
Neptune........	2837°,25	445,96	243,54	»	1°47′	»	30,04	0,0087195	Id.
Le Soleil......	94462°,18	15,45	69200?	25j 12h	»	»	»	0,1000000?	Liquidité et fluidité ignées.

Enfin, M. Gillot établit que les comètes rentrent absolument dans le système solaire; elles tournent sur elles-mêmes, décrivent des ellipses autour du soleil, et sont aussi pourvues de deux foyers polaires.

M. Gillot termine sa communication par la conclusion suivante :

« La force est la puissance expansive du fluide électrique. »

« Le mouvement est la variation de volume du fluide électrique. »

M. le Président remercie M. Gillot de sa communication qui prouve, par son étendue, un travail considérable. Il ne peut cependant s'empêcher de regretter que M. Gillot ait traité la théorie de Newton avec tant de dédain; M. le Président ne croit pas avoir besoin d'insister sur ce point, parce que cette théorie est de taille à se défendre toute seule. Il pense que cette belle conception de la gravitation universelle, qui a résisté jusqu'ici aux doutes et aux attaques, doit être encore conservée. Mise à l'épreuve par des géomètres tels que d'Alembert, Clairaut, Laplace et bien d'autres, elle a résolu victorieusement toutes les difficultés, tous les problèmes qui se sont présentés. Si M. Gillot réussissait à renverser cette théorie, il aurait droit à une place parmi les hommes illustres; mais, dans le cas contraire, sa sévérité pourrait bien se retourner contre lui.

M. Gillot répond qu'il fait peu de cas de la gloire à laquelle il pourrait avoir droit; il trouve une satisfaction suffisante dans la recherche de la vérité qu'il poursuit sans relâche, malgré les obstacles de toute nature qu'il a rencontrés.

M. Marié demande à faire une observation. Il croit devoir attirer l'attention de la Société sur une remarque qui a été faite par M. Gillot, au commencement de sa communication, remarque qui a un certain intérêt pratique.

M. Gillot a fait observer que l'hydrogène gazeux a un pouvoir calorifique de 34 462 calories, et le carbone, de 8 080 calories; ce qui tendrait à faire croire que les houilles ont un pouvoir calorifique d'autant plus grand qu'elles contiennent plus d'hydrogène; cependant, dans la pratique journalière, on constate exactement le contraire.

M. Marié croit que cette affirmation de M. Gillot est exacte. Dulong avait donné la formule suivante, pour calculer le pouvoir calorifique d'une houille :

$$P = 8\,080 \times C + 34\,462\left(H - \frac{O}{8}\right).$$

P, pouvoir calorifique de 1 kilogramme de houille.
C, poids de carbone dans — —
H, poids d'hydrogène dans — —
O, poids d'oxygène dans — —

C'est cette formule, enseignée dans tous les cours, qui a contribué à faire croire que les houilles ont d'autant plus de pouvoir calorifique qu'elles contiennent plus d'hydrogène.

Au contraire, M. Marié a eu souvent l'occasion de constater que ce sont les houilles les plus maigres, se rapprochant le plus du carbone, qui ont le

pouvoir calorifique le plus élevé; le fait a été constaté par des essais pratiques dans les locomotives et par des expériences de combustion dans l'oxygène, au moyen de l'appareil de M. Berthelot.

La formule de Dulong doit être écartée, parce qu'elle ne tient pas compte de l'état physique des corps simples qui sont en combinaison dans la houille. Dulong a attribué à l'hydrogène le pouvoir calorifique de 34 462 calories qui se rapporte à l'état gazeux de l'hydrogène; personne ne sait quel est son pouvoir calorifique à l'état solide où il se trouve dans la houille; mais, à coup sûr, il est notablement inférieur à ce chiffre de 34 462 calories. Il faudrait en déduire la chaleur correspondant aux deux changements d'état, depuis l'état solide jusqu'à l'état gazeux.

M. Marié en conclut que, dans l'état actuel de la science, il est impossible de se faire une idée du pouvoir calorifique de la houille d'après sa composition chimique élémentaire, et que les praticiens devront se borner aux deux méthodes suivantes :

1° Essai pratique dans les chaudières à vapeur;

2° Détermination du pouvoir calorifique d'un fragment de houille par combustion dans l'oxygène, au moyen des appareils de M. Berthelot.

M. Gillot offre d'apporter, à la prochaine séance, le calcul de la température de combustion de l'hydrogène.

M. Périssé répond que M. Gillot a déjà présenté ce calcul à la Société, il y a dix ans. Il fait remarquer que les houilles qui contiennent le plus d'hydrogène ne sont pas celles qui ont le plus grand pouvoir calorifique, parce qu'il faut en déduire la quantité existant à l'état d'eau dans la houille. La formule de Dulong n'en tient compte qu'imparfaitement, puisqu'elle a pour point de départ l'analyse élémentaire. Cette formule mérite les reproches que lui a adressés M. Marié, et il est d'accord avec lui pour reconnaître qu'elle ne conduit pas à des résultats concordant avec la pratique. M. Périssé a fait quelques recherches sur cette question, qu'il fera connaître à la Société.

MM. Amiot, Bianchi et Herdt ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et demie.

LES VOIES ASPHALTÉES
DE BERLIN

PAR M. LÉON MALO

I

C'est un phénomène aussi connu que difficilement explicable que, plus on accorde d'espace à la circulation parisienne, plus cette circulation augmente.

A peine a-t-on percé une grande artère que déjà elle est insuffisante, sans que les artères parallèles en aient éprouvé de soulagement appréciable. Depuis qu'on a construit le boulevard Sébastopol, les rues Saint-Martin et Saint-Denis sont plus encombrées que jamais. On ouvre l'avenue de l'Opéra, les rues circonvoisines ne s'en animent que davantage ; bien que les comptages officiels accusent dans la voie nouvelle un passage journalier de 35,000 voitures. La rue de Rivoli prolongée n'a pas diminué d'une unité le mouvement de la rue Saint-Honoré, au contraire ; et cependant la statistique municipale révèle aujourd'hui, dans cette même rue de Rivoli, au coin de la rue du Louvre, le chiffre énorme de 42 000 colliers par vingt-quatre heures.

Où s'arrêtera cet accroissement ? De quels matériaux la voirie s'armera-t-elle pour résister à ce torrent, de jour en jour plus menaçant pour les chaussées ? Où prendra-t-elle ces matériaux ? Comment les emploiera-t-elle ? Ce sont autant de questions graves et obscures qui ne laissent pas, dit-on, de préoccuper assez vivement l'administration municipale, et non sans raison assurément.

On s'en aperçoit bien, du reste, au nombre d'expériences nouvelles tentées dans ces derniers temps, en vue de remplacer par des procédés moins barbares les errements de pavage que nous ont légués nos

aïeux. Il est permis d'en voir également l'indice dans les visites faites récemment à plusieurs capitales étrangères par les ingénieurs du service municipal ; visites fructueuses d'ailleurs, comme le montre le très substantiel et très intéressant rapport que M. l'ingénieur en chef Barabant a publié sur ses observations rapportées de Londres. Le sujet est à l'ordre du jour, éminemment actuel et pressant; il pèse d'un poids considérable, et sur les conditions de bonne viabilité, de confortable et de salubrité de la ville de Paris, et sur l'économie de son budget ; il a donc sa place marquée dans les discussions de notre Société.

Que ce soit un bien ou un mal, il est certain que notre appétit de progrès va sans cesse croissant ; nous sommes altérés d'améliorations ; il faut que chaque jour nous apporte la sienne, sans quoi nous croyons reculer. L'abondance de découvertes qui, dans ce dernier quart de siècle, a transformé les conditions du bien-être public nous a rendus insatiables. La voirie doit satisfaire pour sa part à ces exigences ; un système de chaussées, qui fut cependant à son origine tenu pour une importation bienfaisante, a été récemment jeté par-dessus bord ; l'empierrement, plus connu sous le nom de macadam, vient d'être supprimé dans tout le Paris central.

La suppression de ce système a été accueillie favorablement, par le budget de la Ville, d'abord, que cette chaussée ruineuse écrasait, ensuite par les riverains qui, depuis longtemps, le subissaient comme un fléau. On l'a remplacé, au pied levé, par un procédé nouveau-venu, déjà appliqué, avec des fortunes diverses, dans plusieurs grandes villes étrangères ; je veux parler du pavage en bois. Les gens froids estiment qu'on s'est lancé peut être un peu éperdument dans une innovation que, précisément, on est en train de répudier en quelques pays étrangers ; mais on l'avait sous la main, on était pressé de se débarrasser de l'empierrement, et il fallait bien marcher sur quelque chose. Précisément à cette heure critique, l'asphalte comprimé, par suite de circonstances dont je dirai deux mots dans un instant, venait de traverser des épreuves qui l'avaient mis en délicatesse avec la population parisienne; on s'explique donc facilement la vogue soudaine et, dans une certaine mesure, méritée qui salua à son apparition, il y a trois ans, le pavage en bois ressuscité et perfectionné. Supplanter l'empierrement était déjà pour lui un titre suffisant à la faveur publique. L'avenir dira si les proportions de l'expérience n'ont pas été, dès la première heure, quelque peu démesurées.

Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que des mérites sérieux le recommandaient aux hommes de l'art. Parmi ces mérites, le plus important, à mes yeux, était celui d'obéir au principe trop longtemps méconnu et sur lequel devra reposer tout système futur de pavage employé dans les quartiers populeux, si l'on entend qu'il résiste à l'accroissement accéléré de la circulation parisienne, la plus fatigante qui soit au monde ; c'est le principe qui consiste à substituer à une matière dure, comme le pavé de pierre, une substance relativement élastique reposant sur une assiette inébranlable et destinée à jouer le rôle d'amortissant entre les roues des véhicules et la forme résistante de la chaussée.

A ce titre surtout, le bois devait être appelé à venir faire ses preuves à côté de l'asphalte déjà en possession et démontrer par son exemple l'efficacité du principe que je viens d'énoncer ; et, bien que l'essai paraisse avoir pris une importance plus considérable que ne le permettait peut-être la prudence vulgaire, nous devons nous féliciter de cet acheminement nouveau vers la suppression des chaussées dures et sonores, qui suivra de près ou de loin, mais infailliblement, l'expulsion déjà accomplie de l'empierrement.

Ce n'est point, du reste à Paris seulement que l'on s'inquiète du développement progressif de la circulation et de son influence sur la conservation de la voirie ; le livre de M. Barabant nous enseigne qu'à Londres les applications de systèmes nouveaux se multiplient, l'asphalte et le bois en tête. L'asphalte principalement, qui n'ayant pas été malmené à Londres comme il l'a été récemment à Paris, passe dans l'opinion des ingénieurs anglais pour être la chaussée de l'avenir. « *A Londres,* dit M. Barabant, *on peut considérer le succès de l'asphalte comme à peu près complet.* » — Et plus loin : « *M. le colonel Haywood, dont l'opinion est d'un si grand poids en ces matières, ne cache pas que, selon lui, l'asphalte est le meilleur revêtement des chaussées, au moins pour la Cité.* » Il était bon d'aller chercher à l'étranger cette réhabilitation de l'asphalte si pitoyablemant maltraité chez nous. M. Barabant nous a rapporté sur ce chapitre le sentiment des Anglais ; après une étude, moins complète il est vrai et moins approfondie que la sienne, j'ai rapporté récemment celle des ingénieurs allemands et je crois utile de la faire connaître.

Avant d'en parler, je dois expliquer ici, pour la clarté de ce qui précède et de ce qui va suivre, comment, durant cinq années, de 1877 à

1883, la construction et l'entretien des chaussées asphaltées de Paris ont été, par suite d'un accident d'adjudication, retirés à la compagnie qui les avait importées et acclimatées en France ; comment, en sortant de ses mains, ils sont tombés, de par la loi brutale du rabais, dans celles d'une entreprise dont il suffira de dire qu'après avoir déplorablement contaminé ces chaussées en y introduisant des matériaux suspects, elle a sombré dans une catastrophe financière retentissante, laissant à ceux qu'elle avait supplantés la tâche peu enviable de guérir le mal qu'elle avait fait.

Ces choses sont de notoriété publique dans le monde des travaux ; c'est pourquoi j'en parle sans plus de sous-entendus. Depuis dix-huit mois, on travaille à conjurer les suites de cette coûteuse erreur ; on a dû ainsi reconstruire l'année dernière de fond en comble la rue de Richelieu et quelques autres, en même temps que l'on maintenait le reste à peu près en état de viabilité. Mais c'est là une besogne de longue haleine, et le public, qui n'a pas coutume de rechercher l'origine des choses qui le blessent, a naturellement conservé de l'événement une impression fâcheuse.

Cette éclipse momentanée et partielle de l'asphalte à Paris a évidemment contribué à ouvrir toute grande la porte au pavage en bois ; et je suis le premier à reconnaître que l'on doit s'en féliciter. Lorsque l'heure dernière du pavé de pierre aura sonné, ce ne sera point trop de ces deux auxiliaires pour le suppléer. Tous deux ont d'ailleurs leur place distincte marquée dans la voirie parisienne. Le bois, si la vaste expérience qu'on en fait actuellement réussit, restera qualifié pour le pavage des grandes voies largement aérées ; l'asphalte, pour les rues étroites où le bois, avec sa nature spongieuse et sa propension à absorber l'humidité, pourrait, s'il était inconsidérément multiplié, causer de grands dommages à l'hygiène publique. Les villes de Londres, de New-York et de Washington en ont fait, les premières, la fâcheuse expérience ; leurs mécomptes doivent nous profiter.

Quoi qu'il en soit, il paraît maintenant certain que la chaussée de demain sera nécessairement une chaussée élastique et insonore, en même temps que solide. Le pavé de pierre n'est plus de force à se défendre contre le travail destructif qu'il a désormais à supporter. S'il est posé simplement sur forme de sable, à la manière antique, il se disloque rapidement, devient inégal et finit par présenter des dénivellations de nature à favoriser la détérioration des véhicules. S'il a pour

assiette un lit de béton rigide, comme c'en est la mode depuis quelque temps, il devient horriblement dur et bruyant; sans compter que, dans certaines rues très passagères, on le voit, broyé entre sa fondation inflexible et les roues des voitures, se fendre, parfois se pulvériser, et nécessiter par là des réparations fréquentes. Les jours du pavé sont donc comptés; lorsqu'un essai de durée suffisante aura désigné les chaussées élastiques les meilleures, asphalte, bois, ou autres encore inconnues, le pavé de Philippe-Auguste ira rejoindre le macadam dans la banlieue et sur les grandes routes.

Cette situation critique a naturellement conduit les hommes spéciaux à jeter les yeux autour d'eux pour rechercher et utiliser l'expérience d'autrui; de là les travaux que j'ai cités plus haut. J'ai pu moi-même prendre dernièrement en Allemagne quelques notes qui sont peut-être propres à jeter leur modeste part de lumière sur cette grosse question. Je ne crois donc pas inutile de les résumer ici. Ce n'est point que j'aie découvert là-bas rien de bien nouveau, rien de précisément créé; la plupart des procédés employés sur les rives de la Sprée y sont venus en droite ligne des bords de la Seine ou de la Tamise; mais, en se les assimilant, les Berlinois en ont fait un usage si soigné, si méthodique, si consciencieusement étudié que nous pouvons les regarder presque comme des innovations et en rapporter avec fruit la pratique chez nous.

II

Personne n'ignore que, dans ces quinze dernières années, la ville de Berlin s'est agrandie et embellie avec une puissance d'expansion à peine croyable. Il serait trop douloureux, et d'ailleurs superflu, de rappeler ici à la suite de quelles circonstances, au moyen de quelles ressources elle s'est procuré cette rapide prospérité. Il ne faut pas s'égarer dans des recherches de cet ordre, si l'on veut aborder avec le sang-froid et l'impartialité qui conviennent à la science, l'étude des choses qui font l'objet de ce travail.

Ce qui est certain, c'est que la voirie berlinoise doit avoir eu quelque peine à suivre dans son développement inouï cet épanouissement d'une ville dont la population a doublée en vingt ans et dont la circulation a dû s'accroître dans les mêmes proportions. Elle y est parvenue

cependant, et nous ne sommes pas, nous autres Français, sans les y avoir aidés par nos idées, autant peut-être que par notre rançon.

Quelques chiffres de statistique d'abord, pour fixer les éléments de la discussion :

En 1876, c'est-à-dire à l'époque où l'entretien des chaussées est passé des mains de l'État dans celle de la ville, la capitale de la Prusse avait 3 730 000 mètres carrés de voie publique, savoir :

12 000 mètres carrés de pavé de pierre posé simplement sur sable, mais néanmoins assez bien conservé ;

3 348 mètres carrés de pavé de pierre déformé par la circulation, incomplètement entretenu, et d'un aspect littéralement affreux ;

360 000 mètres carrés de chaussées empierrées ;

10 000 mètres carrés d'asphalte comprimé.

A l'heure qu'il est, on y compte :

375 000 mètres carrés de pavé de pierre posé sur fondation très solide, avec joints de sable et bitume, que je décrirai plus loin ;

545 000 mètres carrés de pavé de pierre posé sur simple couche de gravier (dans les rues où la circulation est inoffensive), et maintenu néanmoins en bon état ;

3 088 000 mètres carrés de pavé de pierre très défectueux, établi économiquement dans les quartiers dont les travaux souterrains ne sont pas encore exécutés, destiné par conséquent à être remanié un jour ou l'autre ;

483 000 mètres carrés de chaussées empierrées, principalement dans les quartiers excentriques et dans le *Thiergarten* ou jardin zoologique, le bois de Boulogne de Berlin ;

320 000 mètres carrés de chaussées en asphalte comprimé ;

40 000 mètres carrés de pavage en bois.

La régénération de la voirie de Berlin est confiée à un ingénieur de grand mérite, M. Rospatt, qui s'applique moins à faire grand et vite, qu'à faire solide et durable. Il est aidé en cela par un adjoint habile, M. Gotheiner. Il n'en coûte rien à mon patriotisme de déclarer que si, en maintes circonstances, ils nous ont empruntés l'idée première de leurs améliorations, nous pourrions imiter, sans déchoir, leur étude méthodique du détail, la perfection, la minutie même, de leur mise en œuvre, je dirais presque leur temporisation ; toutes qualités qui viendraient à point pour équilibrer les élans et les impatiences de notre caractère national, dans nos travaux publics, s'entend.

Voici quelques indications spéciales sur les matériaux actuellement employés par eux dans la voirie de Berlin :

Les pavés ordinaires sont en granit de Suède (karlskrona), sauf quelques milliers de mètres en porphyre de Belgique. Les pavés arrivent à pied d'œuvre, tout échantillonnés et prêts pour la pose. Le granit suédois a de $0^m,19$ à $0^m,20$ d'épaisseur ; le porphyre belge, de $0^m,15$ à $0^m,16$.

La méthode de pose la plus habituellement suivie est celle-ci : On répand sur le sous-sol une première assise de $0^m,10$ de granit cassé, puis un second lit du même granit, concassé moins gros. Cette couche totale de $0^m,20$ est énergiquement comprimée au moyen d'un rouleau à vapeur de quinze tonnes ; après quoi on la recouvre d'une épaisseur de 2 à 3 centimètres de gravier. On pose dessus le pavé à sec avec des joints de 10 à 12 millimètres que l'on remplit de gravier fin jusqu'à mi-hauteur, le reste du vide reçoit un mélange de poix et de créosote. C'est exactement le système usité actuellement dans les principales rues de Liverpool. Sous les lignes de tramway, que la chaussée soit en pavé, asphalte ou bois, la fondation est toujours faite en béton de ciment.

Je dois indiquer ici que le pavé, granit ou porphyre, employé à Berlin, se divise en trois catégories :

La première classe, réservée aux rues définitivement achevées, est un parallélipipède parfait ;

Dans la seconde classe, la surface inférieure du pavé est égale aux 4/5 de la supérieure ;

Dans la troisième, elle en est les deux tiers.

Lorsqu'on ouvre des rues neuves, on fait provisoirement la chaussée en pavés de deuxième ou troisième classe, posés sur une couche de $0^m,20$ de gravier ordinaire ; on ne les remplace par un pavé de première classe que lorsque tous les aménagements du sous-sol, égouts, conduites d'eau ou de gaz sont terminés — *ne varietur*, — et que nul remaniement de terrain n'y est plus à craindre de longtemps. Nous aurions peut-être aussi quelque chose à emprunter de cette prévoyance.

A Paris, les exigences des travaux à faire ou des ouvrages à réparer, obligent trop souvent le service de la voirie à bouleverser les chaussées, quelquefois terminées de la veille, au grand dommage de l'économie du budget et de la solidité des revêtements. Cette manière

de faire n'est pas seulement dispendieuse, elle conduit à découper l'asphalte ou le bois, et, ce qui est plus grave, le béton, et à créer ainsi des causes de dépression sans nombre, le remblai de ces tranchées ne pouvant être naturellement tassé comme le reste du sol. Il serait grandement à souhaiter qu'à Paris comme à Berlin la canalisation de l'eau et du gaz pût être rejetée partout sous les trottoirs. La bonne façon des chaussées en serait plus satisfaisante.

Le pavage en pierre sur béton a peu de sympathie à Berlin. On en redoute la dureté et le tapage.

Le premier essai sérieux de pavage en bois tenté à Berlin date de 1879. A cette époque, la chaussée de l'une des rues élégantes voisines de l'Opéra, fut construite par l'*Improved Wood Company*, celle-là même qui introduisit le système à Paris, il y a quatre ans. On a dû enlever, l'été dernier, ce premier spécimen, pour le remplacer par l'asphalte comprimé. Bien que posé dans des conditions excellentes, sur un béton de ciment très solide, dans une rue à trafic léger, ce pavage s'était changé en bourbier au bout de cinq ans. Les blocs de bois avaient pourri et s'étaient dégradés de façon très inégale, au point que pour éviter les cahots, les voitures avaient cessé de passer par la rue.

Dans la construction de cette chaussée, aujourd'hui disparue, on avait employé le sapin de Suède. Différentes compagnies, survenues par la suite, ont essayé d'autres essences : sapin de Bohême injecté de créosote, pitch-pin, yellow-pin, cyprès, avec ou sans injection. Ce qui subsiste de ces derniers essais, environ 40 000 mètres carrés, est encore trop jeune pour pouvoir fournir des résultats concluants ; toutefois, on a remarqué que les pavés abondamment injectés, les seuls qui ne pourrissent point sous le climat du Brandebourg, n'ont pas eu un meilleur sort que ceux qui n'étaient pas injectés du tout. Tandis que ceux-ci périssaient par l'humidité, les premiers, durant la belle saison, laissaient échapper leur créosote qui formait, à la surface, de véritables flaques de goudron. La chaleur de juillet est aussi violente à Berlin que le froid de décembre y est rigoureux ; pendant les mois d'été la ville fut empestée ; les habitants ne purent supporter l'odeur répandue par la créosote et réclamèrent la suppression du malencontreux pavage. A tort, certainement, car outre que cet excès de créosote rejeté par le pavé était pour celui-ci une garantie de bonne imprégnation, et par conséquent de durée, ses vertus antiseptiques

auraient dû lui faire trouver grâce devant une population étroitement agglomérée, pour qui les dangers d'épidémie sont infiniment plus redoutables que l'odeur plus ou moins désagréable, mais purifiante de la créosote. En somme, pour des raisons diverses, les 40 000 mètres de bois qui restent à Berlin sont vus d'assez mauvais œil par le public et par ses ingénieurs ; la disparition de ce système de pavage paraît n'être plus guère qu'une question de temps.

L'asphalte a été plus heureux. Il faut dire qu'il s'est conduit jusqu'à cette heure[1] irréprochablement et que les désagréments qu'il a, bien innocemment, procurés dans ces dernières années au public parisien, ont été évités ici, grâce à l'initiative des ingénieurs de la voirie berlinoise qui, n'étant point comme ceux de Paris, entravés par la loi du rabais *quand même*, ont pu choisir à leur gré entrepreneurs et matériaux. L'asphalte comprimé est définitivement acclimaté à Berlin qui en renferme aujourd'hui une surface plus grande que celle exécutée à Paris depuis vingt-cinq ans ; et, suivant les prévisions de la municipalité, il est destiné à couvrir, dans un temps plus ou moins long, toutes les rues de luxe de la capitale allemande.

Naturellement les ingénieurs et entrepreneurs de Berlin, comme d'ailleurs les ingénieurs anglais, en introduisant chez eux un système de chaussée qui s'est révélé, étudié et expérimenté en France, nous ont emprunté nos idées, nos méthodes, notre pratique, notre outillage, nos ouvriers, toute la technique spéciale laborieusement créée par nous depuis un quart de siècle. Emprunt légitime, celui-là du moins, et dont nous ne devons pas nous plaindre ; car, tandis que, par les causes expliquées plus haut, nous laissions péricliter chez nous ce précieux élément d'embellissement et d'assainissement des villes, les Allemands, eux, profitant de nos études et s'appliquant à éviter nos fautes, arrivaient à des résultats qui sauvaient l'honneur de l'asphalte compromis entre nos mains par la plus fâcheuse des fausses manœuvres. Les 320 000 mètres carrés d'asphalte comprimé qui existent à cette heure dans Berlin et forment le rudiment d'une transformation générale de la voirie, ne montrent pas un seul de ces trous noirs et béants qui, en ces derniers temps encore, déshonoraient les plus belles rues de Paris. Si des défectuosités partielles se sont révélées en certaines rues, elles sont dues à des causes locales avec lesquelles

1. Décembre 1884.

elles disparaîtront certainement. C'est que les ingénieurs de là-bas ont leurs coudées franches ; ils ont le droit, dans leur capacité et dans leur conscience, de choisir le meilleur personnel d'entrepreneurs et les meilleurs matériaux, sans s'inquiéter des avantages souvent menteurs du rabais à outrance. Ils peuvent ainsi savoir ce qu'ils font et en assumer la pleine responsabilité. Ils ne sont pas exposés, comme l'ont été récemment les nôtres, à laisser s'introduire dans les travaux, à leur corps défendant, des matières de mauvais aloi, et à voir ensuite le budget municipal payer cette rigide observation d'une loi inepte un prix que je n'ose pas dire.

On emploie aux chaussées de Berlin de l'asphalte de quatre différentes provenances :

Val-de-Travers,
Seyssel,
Ragusa (Sicile),
Limmer (Hanovre).

On comprendra que je ne me prononce pas plus sur les mérites respectifs de chacun de ces matériaux que sur l'habileté relative des entrepreneurs qui les appliquent. D'abord, parce que je n'entends pas mêler des appréciations de personnes et des compétitions commerciales à cette étude toute technique ; ensuite, parce que les matières employées (les trois premières du moins, car la quatrième, d'origine allemande d'ailleurs, paraît avoir à peu près échoué), n'ont pas encore donné exactement, à Berlin, la mesure de leur valeur respective. L'asphalte du Val-de-Travers, le plus anciennement introduit, par suite le plus répandu dans la ville, présente, durant les fortes chaleurs, cette propension qu'il manifestait à Paris avant qu'on eût eu l'idée de le mélanger avec l'asphalte de Seyssel, à s'amollir sous les roues de voitures et à former comme des vagues que le retour de la saison fraîche fait du reste promptement disparaître. A Berlin, où ce mélange n'a pas lieu, les vagues se produisent chaque été avec une certaine persistance ; mais comme elles n'ont causé aux chaussées aucune dégradation sensible, le public et les ingénieurs s'en préoccupent peu.

L'asphalte de Ragusa présente les mêmes inconvénients ; je n'ai pas entendu dire qu'ils aient été moins inoffensifs.

Quant à l'asphalte de Seyssel, sa faible teneur en bitume l'en préserve complètement. Plus malaisé à mettre en œuvre que les deux autres à cause de sa maigreur relative, cette difficulté même exige

qu'on apporte à son application des soins plus minutieux, et, à son chauffage particulièrement, une régularité beaucoup plus grande. Mais, posé dans ces conditions, il donne une chaussée d'une dureté bien supérieure à celle des autres, par conséquent exempte de ces vagues et de ces ramollissements, à la vérité, plus déplaisants à l'œil que véritablement nuisibles, qui se produisent avec les asphaltes trop riches en bitume.

Il faut reconnaître que ce succès de l'asphalte comprimé à Berlin a été puissamment aidé par la rigueur extrême avec laquelle la préparation et la pose du béton sont conduites et surveillées. Ce béton, de $0^{m},20$ à $0^{m},22$ d'épaisseur, constitue une assiette indéformable. J'en ai vu démolir une couche pour l'établissement d'un tramway, on eût dit un monolithe de granit. On emploie pour le fabriquer une proportion de 170 kilogrammes de ciment de Portland, de la meilleure marque, pour un mètre cube de ce que les Allemands, employant une locution anglaise, appellent « ballast » ; c'est-à-dire un mélange de cailloux et d'une sorte de sable mi-fin, tiré des collines, anciennes dunes, qui environnent Berlin. L'asphalte n'est jamais posé que sur le béton parfaitement pris et complètement sec ; on évite ainsi la production de vapeur que détermine le répandage de la poudre asphaltique chauffée à 120 ou 130 degrés sur une surface humide ; vapeur qui, en s'échappant, découpe la croûte d'asphalte et en détruit l'homogénéité. Une grande partie des détériorations constatées à Paris lors des premières applications d'asphalte comprimé ont eu leur cause dans l'inobservation de cette règle absolue que les Allemands respectent avec le plus grand soin. Les riverains y mettent d'ailleurs la patience qu'il faut ; ils aiment mieux souffrir quinze jours de plus de l'obstruction de leur rue, et être assurés qu'on ne viendra jamais réparer la chaussée devant leur demeure.

En résumé, la vaste expérience faite à Berlin sur l'asphalte comprimé a réussi au delà de ce que ses promoteurs et ses applicateurs eux-mêmes en attendaient. Il a fallu aux ingénieurs allemands une foi robuste et une connaissance approfondie des raisons de son récent insuccès à Paris, pour donner à cette expérience l'importance qu'elle a prise. Ils avaient à la vérité l'exemple rassurant de travaux semblables exécutés à Londres dans des conditions identiques avec des résultats pareils. Leur hardiesse n'en est pas moins méritoire.

Cette double et catégorique démonstration prouve deux fois de plus

que les mésaventures de l'asphalte à Paris tiennent à des causes absolument indépendantes du système lui-même. Au point où nous en sommes et que j'ai signalé dans la première partie de ce travail, il importait de savoir de façon certaine si l'asphalte était ou non une ressource sur laquelle la voirie parisienne pût compter le jour où, le pavé de pierre ayant manqué et le pavé de bois devenant insuffisant, elle se trouverait au dépourvu. Pour qui a vu et étudié de près les chaussées de Londres et de Berlin, la réponse est faite.

Au surplus, les travaux qui s'exécutent à Paris depuis bientôt deux ans en vue d'y remettre en état de viabilité les voies asphaltées compromises par les fâcheuses circonstances que j'ai rappelées, ont déjà, eux aussi, apporté leur contingent de preuves.

La chaussée de la rue de Richelieu, par exemple, reconstruite depuis dix-huit mois, selon les bons principes, et soumise à la terrible circulation que chacun sait, n'a pas donné lieu à la plus légère réparation. Plusieurs autres chaussées refaites plus récemment (rue Saint-Honoré, rue Richer, etc.), ont fourni des résultats semblables, et il n'y a pas lieu de penser que cet état de choses ne dure point, car il est d'expérience constante que si une chaussée asphaltée doit périr avant l'âge, c'est toujours dans les six premiers mois de son existence qu'elle commence à se détériorer.

III

De ce qui précède, je crois que l'on est autorisé à tirer la conclusion que voici : l'asphalte et le bois peuvent et doivent vivre à Paris en bonne intelligence sans empiéter sur le domaine l'un de l'autre. C'est à tort que, dans des intérêts commerciaux mal compris, on s'est appliqué à exciter entre eux une rivalité qui n'a ni sens, ni avantages pour personne. Les deux systèmes de pavage ont, comme je le disais tout à l'heure, une qualité commune, celle d'offrir au roulage des voitures une surface douce et relativement élastique; mais leurs propriétés personnelles sont parfaitement déterminées et différemment utilisables. L'un et l'autre ont leur place marquée en des points distincts de la voirie, et ce serait une erreur économique que de les en détourner.

Je n'entends pas faire ici la balance de leurs mérites respectifs;

mais, sans en diminuer la somme de part ni d'autre, on peut dire que, si le bois est une complication pour l'hygiène publique, l'asphalte est pour elle un auxiliaire. C'est sur ce point spécial et capital que je veux insister.

Le bois, je le répète, semble convenir aux larges voies de circulation telles que l'avenue des Champs-Elysées, celle de l'Opéra, les grands boulevards, où l'air circule avec abondance, balaye les miasmes et assèche rapidement le sol. Là, les inconvénients spéciaux du bois s'atténuent et sont certainement balancés par ses avantages. Si l'expérience considérable qui s'en fait actuellement à Paris réussit à souhait, c'est-à-dire si le pavage en bois se maintient après un certain nombre d'années d'usage dans l'état où nous le voyons aujourd'hui, nul doute qu'on ne doive le considérer comme une importation heureuse.

Mais à la condition formelle qu'il s'en tiendra là et ne cherchera pas à pénétrer dans les rues étroites et mal ensoleillées ; dans celles surtout que leur orientation dérobe à l'action des grands courants d'air. Celles de ces rues qui sont encore pourvues de l'ancien pavé de grès sont déjà des accumulateurs d'humidité et d'odeurs malsaines qui, dans une ville où la population est aussi agglomérée et aussi dense qu'à Paris, ne peuvent avoir sur l'hygiène qu'une déplorable influence. Ce serait un bien autre danger si l'on y introduisait comme revêtement de chaussées cette immense éponge qu'on appelle le pavé en bois.

L'imprudence serait d'autant plus grave que jamais Paris n'a eu plus besoin du peu d'air pur qu'il respire. Tandis que la masse humaine accumulée sur ce petit point géographique augmentait dans des proportions énormes, on y supprimait partout, pour leur substituer des maisons de rapports, les jardins particuliers, ces laboratoires d'épuration atmosphérique. Ce dernier demi-siècle en a vu disparaître peu à peu la verdure revivifiante, et de nouvelles sources de putréfaction ont pris leur place. L'édilité a, il est vrai, multiplié de son mieux les jardins publics ; un service de plantations et promenades dirigé avec une grande habileté s'est efforcé de procurer à la respiration de Paris l'oxygène que la suppression des jardins privés lui avait si déplorablement rationné ; mais toute cette habileté, tous ces efforts seraient vains si le poison chassé avec tant de peine de l'atmosphère, par des ouvertures de rues, par des squares ombragés, par

une surabondance d'arrosage, on allait le faire secréter par le sol. Introduire dans les rues sombres ce nouveau condensateur de miasmes serait ouvrir la porte grande aux épidémies que l'on s'épuise à éloigner par tant et de si dispendieuses mesures d'assainissement.

Ceci n'est point une appréciation en l'air ; les villes étrangères qui nous ont précédé dans l'emploi en grand du pavage en bois nous ont donné à ce sujet des indications que nous devons nous garder de négliger. L'expérience de Washington, de Philadelphie, de Chicago, celles de Londres et enfin de Berlin, sont là pour nous édifier. Encore une fois la critique que je fais du pavage en bois n'est pas absolue ; je reconnais ses grandes qualités ; s'il résiste convenablement à la circulation parisienne, s'il est employé avec mesure, dans des conditions inoffensives pour la santé publique, il n'aura pas d'avocat plus convaincu que moi. Les Berlinois ont eu tort, à mon avis, de ne pas le tolérer dans leur maîtresse avenue d'*Unter den Linden ;* si l'humidité de leur climat s'opposait à ce qu'on y employât le sapin non injecté, il est fâcheux qu'ils n'aient pas du moins supporté patiemment l'odeur du pavé profondément imprégné de créosote. Je les loue au contraire d'avoir exclu le bois des rues voisines, où il eût été un foyer permanent d'infection de l'air. Entre le système qui proscrit absolument et quand même le pavage en bois et celui qui consiste à en mettre partout, il y a un moyen terme qui est de choisir avec discernement les points où il peut être placé sans danger et à ne point aller au delà ; c'est le parti qu'on doit prendre à Paris.

Un ingénieur allemand, qui a traité avec compétence ces questions de pavage, le professeur Dietrich, envoyé par son gouvernement dans toutes les capitales d'Europe et de l'Amérique du Nord pour y étudier sur place le sujet, a publié tout récemment un rapport qui explique l'antipathie de ses compatriotes pour le pavage en bois. Il a fait recueil des mécomptes éprouvés dans les grandes villes des États-Unis, et il les a exposés avec une certaine complaisance. Il en fait un tableau propre à effrayer les municipalités qui ne savent pas de quelle façon sommaire travaillent les Américains. Quand il montre le pavage de Chicago transformé au bout de trois ou quatre ans en un immense bourbier, il ne cherche évidemment pas à encourager ses concitoyens dans l'adoption d'un procédé qui peut donner de tels résultats. Cette appréciation d'un savant considéré en son pays comme une autorité dans la matière, n'est pas sans doute étrangère à la mauvaise répu-

tation conquise par le pavage en bois à Berlin ; très probablement, la crainte que cette substance éminemment hygrométrique eût une influence fâcheuse sur la santé publique a poussé M. Dietrich à exagérer les méfaits du bois. Les Américains n'apportent pas à l'exécution de leurs travaux le soin minutieux et l'extrême attention que les Allemands donnent aux leurs ; si leurs chaussées de bois se sont aussi promptement pourries et détériorées, c'est vraisemblablement que les essences employées par eux étaient mal choisies, insuffisamment résineuses, que la pose en a été défectueuse, que leur béton avait une trop faible épaisseur, et qu'il était fait avec du ciment de mauvaise marque ; c'est aussi que ce béton n'offrant qu'une protection impuissante contre l'humidité du sous-sol, les pavés de bois pourrissaient en même temps par-dessus et par-dessous. Dans n'importe quel climat, un tel travail eût été d'avance condamné à une destruction rapide.

A Paris, au contraire, la pose du pavé de bois a été faite avec un art et des précautions extrêmes. On lui a donné une fondation en béton de ciment que l'asphalte lui a enviée et qu'on a fini, du reste, par accorder aussi à celui-ci ; l'asphalte a du moins gagné cela à l'importation du pavage en bois. On peut dire que le pavage en bois du boulevard Poissonnière, des Champs-Elysées et de l'avenue de l'Opéra a été exécuté avec une perfection rare. Aussi, s'il doit réussir quelque part, ce sera certainement à Paris.

Y réussira-t-il ? C'est le secret de demain. Sous les réserves que j'ai indiquées, il faut le souhaiter. Deux systèmes de chaussées de luxe à Paris, ce n'est pas de trop. Mais, j'insiste sur ce point capital : le bois doit être absolument banni des rues étroites qui toutes appartiennent à l'asphalte. Jusqu'à ce qu'un autre procédé plus efficace soit découvert, l'asphalte comprimé restera la chaussée hygiénique par excellence ; avec toutes les qualités qu'il aspire à montrer, le pavage en bois ne peut, sur ce chapitre, entrer en compétition avec lui. Il suffit de voir, après la pluie, l'attitude de l'un et de l'autre ; là où ils sont voisins, le contraste est curieux à constater. Au bout d'une demi-heure de beau temps, l'asphalte est complètement sec, tandis que le bois, demeure imbibé d'eau qui sert de véhicule aux détritus de la rue, aux urines des chevaux, à toutes les impuretés de la circulation. Ces matières pénètrent les fibres, y produisent une sorte de fermentation et, lorsque le soleil vient ensuite, par évaporation, les restituer à l'atmosphère, ils n'y reviennent qu'à l'état de miasmes nauséabonds,

admirablement faits pour activer les épidémies. C'est surtout lorsque les fibres du bois ont pris, par l'usure, la forme particulière qui les fait ressembler à une brosse à dents, que cette propension à absorber et à expirer les liquides malsains se manifeste avec le plus d'énergie. Le pavé neuf s'y prête moins facilement.

Je n'attache pas à cet inconvénient une importance plus grande qu'il ne convient. Il ne se révèle que d'une façon bénigne sur les surfaces largement aérées ; mais supposez qu'on eût pavé en bois la rue de Richelieu ou la rue Neuve-des-Petits-Champs ; le prochain choléra n'eût certainement pas trouvé de plus puissant collaborateur.

Il serait donc puéril de chercher à faire du bois et de l'asphalte deux adversaires prêts à lutter pour la conquête du pavage de Paris. Tous deux, je le répète une fois encore, ont des qualités communes, l'insonorité, la douceur du roulage, la propreté ; tous deux ont leurs défauts particuliers ; la perfection de la chaussée, pas plus que les autres, n'est de ce monde. Mais, si l'on veut juger impartialement, on reconnaîtra avec moi deux choses : la première c'est que, en dépit du mauvais usage qu'on en a fait dans ces dernières années, l'asphalte comprimé a, derrière lui, à Paris, un passé de vingt-cinq ans, à Londres, de quinze ans, à Berlin, de dix ans et que, toutes les fois qu'il n'a pas été maltraité par ses metteurs en œuvre, il a partout réussi ; la seconde c'est qu'il est pour l'hygiène publique, par ses propriétés hydrofuges et son imperméabilité absolue, un incontestable et précieux auxiliaire. Quelque sympathie que l'on professe pour le pavage en bois, et dans la mesure que j'ai indiquée il a la mienne tout entière, il est impossible de lui accorder à un égal degré les deux mérites que je viens de dire. Qu'il sache donc borner ses ambitions ; sa carrière en sera plus sûre et plus longue. Il vaut mieux pour lui se contenter de la part, déjà peut-être excessive, qui lui a été faite dans la voirie parisienne que de s'exposer à se voir, à la suite de quelque épidémie meurtrière, victime d'un affolement comme il en survient parfois aux populations décimées.

J'ai cru pouvoir, comme le plus ancien peut-être et certainement l'un des plus assidus parmi les spécialistes de l'asphalte, présenter à la Société ces observations auxquelles des circonstances d'intérêt municipal toutes particulières prêtent en ce moment un sérieux caractère d'actualité. Il m'a semblé qu'un incident comme

ceiui qui a livré pendant cinq ans l'entretien des chaussées asphaltées de Paris, à l'impéritie et à la malfaçon, ne pouvait prévaloir contre les qualités, notoirement constatées dans toute l'Europe, d'un système qui peut devenir, un jour donné, pour la voirie parisienne, une si précieuse ressource, et qui cependant a failli mourir victime d'un déni de justice. J'ai pensé qu'il m'appartenait non de plaider sa cause, c'est son affaire de se défendre lui-même par ses résultats, mais d'établir sa véritable situation. — On voudra bien me pardonner, en faveur de l'intention, d'être allé chercher, pour ma constatation, des arguments jusqu'à Berlin.

PROJET

D'UN CHEMIN DE FER AÉRIEN

A ÉTABLIR

DANS LES GRANDES VOIES DE PARIS

PAR M. JULES GARNIER[1]

INTRODUCTION.

La question de l'établissement d'un réseau de chemins de fer dans Paris, est ouverte, comme on sait, depuis 1871. Pendant cette période, de près de quatorze ans, ce grave sujet a donné lieu, à diverses reprises, à de sérieuses discussions auxquelles ont pris part les ingénieurs les plus compétents et de nombreux projets, relatifs à la solution qu'il réclame, se sont produits.

On serait en droit, d'après celà, de supposer que tout a été dit sur la question, que la lumière est faite sur tous les points et qu'il n'y a plus qu'à se mettre à l'œuvre.

Les choses, cependant, ne nous paraissent pas aussi avancées.

Le problème à résoudre est des plus complexes et les ingénieurs qui l'ont étudié n'ont pu se mettre d'accord que sur un petit nombre de points; on peut même dire que l'accord unanime n'existe que sur un

1. Ce projet a été exposé devant la Société par M. Georges Salomon, dans la séance du 6 février 1885. Nous croyons devoir faire remarquer que le mémoire imprimé, dont M. Georges Salomon a lu de nombreux fragments, est inédit, en ce sens, qu'il n'a été ni mis en vente, ni distribué au public. M. Lantrac, dans la séance du 6 mars suivant, a, du reste, ajouté à l'exposé de M. Salomon, certaines considérations nouvelles, non contenues dans le mémoire en question.

seul point, à savoir : *Que les moyens de locomotion dans Paris ne répondent plus aux besoins du public et qu'il y a lieu d'en créer d'urgence de nouveaux*. La question capitale, celle de savoir si le chemin de fer à créer doit être établi en dessous ou en dessus du sol, n'est pas encore élucidée, car, jusqu'ici, aucun projet ne s'impose dans un sens ou dans l'autre.

Tandis que les uns préconisent la solution avec souterrain comme étant la seule qui permette, sans nuire à la circulation dans les rues, d'établir un chemin de fer à double voie pouvant donner passage au matériel roulant ordinaire et pouvant se raccorder directement avec les grandes lignes ; les autres, objectant qu'un tel chemin de fer ne saurait donner satisfaction aux goûts des habitants de Paris et qu'il nécessiterait des travaux en disproportion avec les avantages qu'on en retirerait, concluent à l'adoption de la voie à ciel ouvert comme étant la seule admissible.

Les préférences générales sont évidemment acquises à cette dernière solution, mais les projets qui ont été présentés jusqu'ici pour sa réalisation, bien que très étudiés, paraissent ne pas avoir satisfait, d'une manière assez complète, à toutes les exigences de la question pour rallier la majorité des suffrages des hommes compétents.

Quant au public, pris en masse, sur lequel, en résumé, doivent peser les charges et les inconvénients de cette œuvre nouvelle, c'est à peine s'il connaît la question, et ce n'est guère qu'au moment où les assemblées parlementaires seront appelées à se prononcer sur les conditions de la concession de l'entreprise qu'il pourra se faire une opinion.

En présence de cette situation, à la veille de prendre une décision, l'État et la ville doivent se trouver, à bon droit, hésitants sur le choix du système auquel il convient de donner la préférence.

Ayant étudié dernièrement une nouvelle solution de la question, il nous a paru que, dans ces conditions, nous pouvions encore la présenter utilement.

Les avantages de notre système peuvent s'apprécier rapidement et ils nous semblent assez importants pour attirer toute l'attention ; nous nous sommes donc mis à l'œuvre avec la confiance que, dans le cas où notre solution serait reconnue préférable aux autres, le gouvernement aurait jusqu'au dernier moment à sa disposition les moyens de la faire adopter.

Nous ajouterons que notre principe de superposer les voies, dans le but d'obtenir des constructions plus économiques et de restreindre la place occupée par un ensemble de voies traversant une grande ville, n'est pas nouveau d'après les recherches auxquelles nous nous sommes livré depuis que nous y avons pensé nous-même ; toutefois nous n'avons trouvé nulle part les dispositions spéciales que nous proposons pour résoudre simplement la continuité du mouvement des trains dans les deux sens, c'est-à-dire alternativement sur les deux plates-formes ; non plus que la solution du cas où deux tracés du réseau ferré se coupent ; ni, enfin, la solution par deux plates-formes superposées formant une ceinture continue ne nécessitant pas le passage des trains de la voie d'aller à la voie de retour.

I. Disposition de la construction.

Exposé du système. Ses caractères principaux.— Notre système est relatif à un chemin de fer à voies aériennes, pouvant être établi dans toutes les grandes artères de la capitale.

Il se caractérise par les points fondamentaux suivants :

1° Les deux voies, au lieu d'être placées l'une auprès de l'autre, sur la même plate-forme, comme dans un chemin de fer ordinaire, sont superposées sur deux plates-formes distinctes, formant un viaduc ;

2° Le système de construction du viaduc est combiné de façon à pouvoir donner passage sur la voie de la plate-forme supérieure au matériel des grandes lignes, pendant l'arrêt des trains de l'exploitation urbaine ;

3° Les deux voies, ainsi superposées, se raccordent aux extrémitées du parcours, au moyen d'une boucle hélicoïdale, présentant la déclivité voulue pour racheter la différence de niveau des deux voies ; boucle qui est, par ailleurs, d'un rayon suffisamment grand pour que la pente de la voie reste dans les limites admises ;

4° Le danger que présenterait le croisement, dans un même plan, de deux lignes de directions différentes, est évité par l'installation en ce point de notre gare de « tangence » qui comporte dans ce but des dispositions spéciales ;

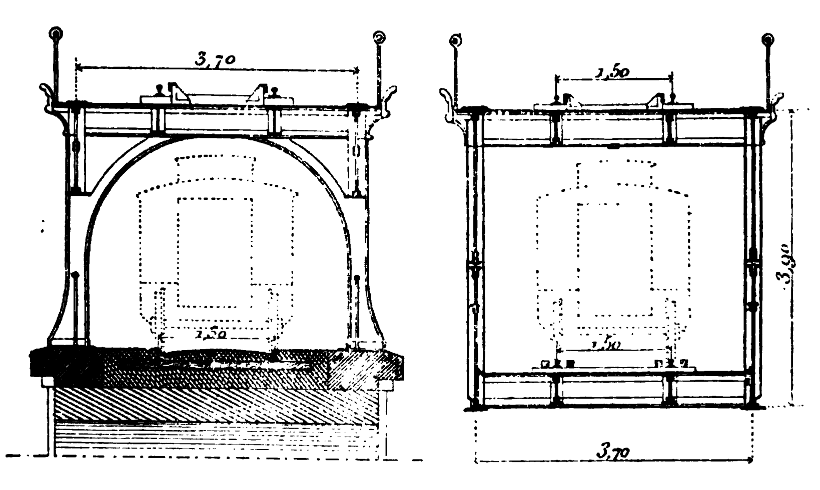
5° Le matériel roulant est disposé d'une façon spéciale, permettant d'opérer l'entrée et la sortie des voyageurs dans les trains avec une

grande promptitude et de disposer d'une puissance de transport suffisante, par suite d'une succession très rapide des trains. Les locomotives sont sans feu ni fumée.

Dispositions générales du viaduc. — Dans les avenues ordinaires, comprenant une chaussée et deux trottoirs, le viaduc est placé dans l'axe de la chaussée à une hauteur suffisante pour ne pas gêner la circulation des voitures; soit, au minimum, à $4^m,50$ au-dessus de la chaussée, tandis que dans les avenues ou boulevards de très grande largeur, comportant des contre-allées à double rang d'arbres, il est installé dans l'une des contre-allées.

Dans le premier cas, le viaduc est complètement métallique, tandis que dans le second il comprend un soubassement, formé d'une succession d'arceaux en maçonnerie, surmonté d'une superstructure métallique.

Les croquis ci-dessous représentent la coupe transversale de l'un et



Viaduc mixte
en fer et maçonnerie
Fig. 1

Viaduc
complètement metallique
Fig. 2

de l'autre type de viaduc et permettent de se rendre exactement compte de la disposition de chacun d'eux.

La figure 2 se rapporte à la coupe du viaduc métallique dont il montre la disposition :

La voie inférieure se trouve renfermée entre les deux poutres de ce viaduc, tandis que la voie supérieure passe au-dessus.

Les deux voies sont projetées à la largeur normale de 1^{m},50 et les poutres sont écartées entre elles de 3^{m},70 d'axe en axe.

Cet écartement permet la circulation des personnes de service, sur toute la longeur de la voie inférieure, pendant la marche des trains. En comptant sur des vagons de 2^{m},05 de largeur totale, il reste, en effet, de chaque côté, un passage entièrement libre, entre le train et les poutres, de 0^{m},70.

La voie supérieure est bordée de garde-corps, lesquels sont nécessaires pour assurer la sécurité des personnes que leur service appelle à circuler sur cette voie : nous ferons toutefois remarquer qu'à New-York les garde-corps n'existent pas.

Ces garde-corps, très légers, sont ici supportés par des consoles formant encorbellement sur les poutres ; ils sont placés à l'écartement de 1^{m},50, qui est celui adopté pour les ponts des grandes lignes.

La figure 1 se rapporte au viaduc mixte en fer et maçonnerie.

Dans ce type de viaduc, la voie inférieure est installée directement sur le soubassement en maçonnerie, et la voie supérieure est supportée par la charpente métallique qui le surmonte.

Comme nous l'avons déjà dit, les dimensions du viaduc, qu'il soit d'un type ou de l'autre, sont déterminées, en prévision de l'emploi pour l'exploitation urbaine, d'un matériel relativement léger et de la succession des trains à de courts intervalles.

La puissance du matériel roulant est, du reste, fixée par la condition précise que les trains, avec leur maximum de charge, ne donnent, sur chaque voie, qu'une surcharge égale à la moitié de celle admise pour les ouvrages analogues des grandes lignes, de façon que le viaduc ait, pour supporter les deux voies du Métropolitain et leurs charges, exactement la résistance qui est exigée pour une seule voie de grande ligne ; d'un autre côté, la voie supérieure étant complètement découverte, il en résulte qu'on pourra raccorder utilement cette voie aux grandes lignes qui aboutissent dans Paris et y faire passer le matériel de ces dernières pendant les arrêts de la circulation des trains du Métropolitain.

C'est là évidemment un avantage qui peut devenir très précieux, en temps de guerre, par exemple, et qui se trouve obtenu sans apporter aucun trouble aux dispositions obligées de la construction.

Viaduc métallique. — Nous avons dit que, dans les avenues ordinaires, le viaduc était complètement métallique et placé dans l'axe de la chaussée de l'avenue à parcourir.

Comme c'est ce type de viaduc qui correspond à la majeure partie du réseau que nous avons projeté, nous l'avons seul représenté en détail sur les dessins annexés à ce mémoire, et nous en donnons ci-après une description détaillée.

La planche 88 en donne une idée très complète.

Il est formé de travées indépendantes, c'est-à-dire, de travées dont les poutres se placent bout à bout, sur un même appui, au lieu d'être continues.

La hauteur libre, comprise entre le niveau de la chaussée et le dessous des poutres, variera suivant ce qu'exigera le profil en long de la voie du chemin de fer rapporté à celui de la chaussée, commo on peut le voir par la planche 90. Cette hauteur sera au minimum, comme nous l'avons déjà dit, de $4^{m},50$.

La nécessité d'assurer la libre circulation sur la chaussée impose l'obligation d'écarter largement les appuis des poutres du viaduc; nous les avons placées, en moyenne, à 40 mètres. Nous ferons remarquer ici que l'objection la plus sérieuse qui ait été faite aux chemins aériens supportés par des colonnes, était l'encombrement qui en résultait sur la chaussée pour les voitures et les piétons; or, avec l'écartement que nous donnons aux appuis, nous ne pensons pas que cette critique s'applique sérieusement à notre projet.

L'écartement de 40 mètres qui, d'après nous, s'impose, exige pour le viaduc des poutres d'environ 4 mètres de hauteur; hauteur, qui se trouve très heureusement correspondre à celle qui est nécessaire pour la superposition des deux voies.

La largeur des piles, dans le sens transversal de la rue, sera au maximum de $2^{m},40$, et leur épaisseur, dans le sens longitudinal, de $0^{m},60$ à $0^{m},90$. Elles seront protégées contre le choc des voitures par un refuge dont les dimensions ne dépasseront guère celle des refuges installés actuellement sur les boulevards, pour faciliter la traversée des piétons.

Nous avons placé le viaduc au milieu de l'avenue à parcourir et non sur l'un des côtés de la chaussée ou au-dessus de l'un des trottoirs, pour plusieurs motifs : avec cette disposition, on conserve la symétrie de l'avenue et on laisse intacts les deux rangs d'arbres qui bordent la

chaussée, qu'on ne saurait toucher sans nuire à l'aspect. Enfin, comme le viaduc se trouve, de cette façon, situé à 15 mètres des façades des maisons, dont il est séparé par les rangs d'arbres, on est certain de ne porter aucun préjudice aux immeubles situés sur le parcours.

Détails de construction des poutres du viaduc. — En se reportant à la planche 88, on observera que la paroi des poutres, que nous avons représentées, est largement évidée ; elle est formée d'un treillis du système triangulaire simple. Nous préférons ce mode de construction à tout autre, parce que c'est celui qui donne les plus grands évidements et qui, par conséquent, masque le moins ; de plus, il satisfait à une condition de perspective qui, dans la circonstance, n'est pas à négliger. Avec cette disposition, on évite, en effet, l'enchevêtrement des lignes, qui se présente à l'œil par la projection de l'une des poutres sur l'autre, lorsqu'on regarde obliquement un pont à treillis dont les barres ont des croisements multiples.

En regardant les poutres en face, elles présenteront l'aspect indiqué par le dessin. Lorsqu'on les apercevra obliquement, la poutre du devant, se projetant sur celle opposée, ne pourra donner lieu qu'à l'image d'un croisement de deux barres, et l'aspect que présentera l'ouvrage, vu de cette façon, sera encore correct.

Enfin, comme détail d'arrangement, nous ferons remarquer que les voies sont couvertes par un plancher continu qui s'opposera à la chute de tout objet, d'une part, de la voie supérieure sur la voie inférieure et, d'autre part, de la voie inférieure sur la rue.

Toutes les barres composant le viaduc seront *raidies* par de fortes nervures de façon à éviter les vibrations désagréables, qui se produisent dans les constructions de ce genre, étudiées sans tenir compte de cette considération pratique. Enfin, pour diminuer encore le bruit occasionné par les vibrations, on emploiera le procédé nouveau qui vient de réussir pleinement en Amérique dans des conditions analogues et qui consiste à percer à la fraise des trous convenablement espacés dans les pièces métalliques les plus sonores, rails compris, et à remplir ces trous avec du plomb qui est ensuite rivé sur les bords. Une autre cause d'atténuation du bruit provient de ce fait que, avec un treillis du système triangulaire, les barres, placées dans une même direction, n'étant pas rencontrées par celles de l'autre direction, ne pourront *marteler* l'une sur l'autre par l'effet des vibrations.

Des contre-rails et des patins de glissements, formés de longrines, existeront sur toute la longueur des voies. Ils ont pour but de s'opposer à ce que, pour une cause ou pour une autre, la roue puisse quitter le rail.

Les travées étant indépendantes, nous parons ainsi aux effets de la dilatation et, d'autre part, le viaduc peut affecter la forme polygonale aux endroits où la voie est en courbe ou en rampe.

Piles métalliques. — Les piles métalliques supportant les travées, ainsi que leurs fondations, sont détaillées sur la planche 88.

Nous avons cherché à donner à ces éléments importants une grande stabilité, tout en leur conservant un aspect léger en harmonie avec le reste de la construction.

La forme que nous avons prévue se prête aussi, croyons-nous, à l'addition facile de motifs architectoniques décoratifs.

Le corps de la pile est divisé en deux membrures, dans le sens de sa largeur, qui est de $2^m,40$, par un évidement intérieur en forme d'arceau ; ces membrures sont fortement reliées par des diagonales, comme le représente le dessin. En somme, les piles occupent tous les 40 mètres une surface horizontale maxima de $0^m,90$ sur $2^m,40$; en supposant qu'on n'établisse pas d'autre refuge en saillie autour de cette base que la bordure strictement nécessaire pour la protéger contre les chocs, l'obstacle serait environ moitié moindre que celui que présente un fiacre ; de plus, il est immobile, c'est-à-dire beaucoup plus facile à éviter par les véhicules. D'ailleurs, le succès incontestable des refuges que l'on a créés sur toutes les grandes voies permet de prévoir que ces piliers faciliteront, en la régularisant, la circulation des voitures et des piétons.

Cette pile métallique repose sur sa fondation en maçonnerie par une large base composée de pièces longitudinales et transversales, dissimulées sous le sol, qui lui assurent une très grande stabilité.

Amovibilité de la construction métallique. Il est important d'observer que les dispositions de notre viaduc métallique permettent d'enlever le viaduc d'une avenue pour le transporter et l'installer dans une autre, et cela sans grands frais. Il est, en effet, certain — et c'est notre cas — qu'on peut enlever en bloc et transporter une travée métallique de 40 mètres de longueur, la fondation seule étant à faire à nouveau.

S'il arrivait donc que, pour une raison ou pour une autre, on voulût faire passer dans d'autres avenues le parcours d'une de nos lignes, sur tout ou partie de sa longueur, la chose serait possible et la dépense consisterait uniquement à établir de nouvelles fondations et à transporter les travées et les piles sur leur nouvel emplacement. Il va sans dire que l'on aurait à ajouter ou à supprimer un certain nombre de travées, à créer des travées de raccordement ou de traversée de rues.

Nous considérons que cette amovibilité de travées est un grand avantage ; en effet, elle autorise le raisonnement suivant : construisons ces lignes aériennes économiques et vite installées ; si elles ne donnent pas toutes les satisfactions qu'on en peut attendre dans les artères où elles seront établies, on aura toujours la ressource d'en modifier le parcours, et, au besoin, de les utiliser sur d'autres points.

Fondation des piles. — Par suite de la position qu'occupe le viaduc, il arrivera dans les avenues où l'égout se trouve placé dans le milieu de la chaussée, que la fondation des piliers le rencontrera en plein.

Nous avons prévu ce cas, et nous avons résolu la question sans toucher aucunement à l'égout.

La disposition que nous avons projetée est représentée sur la planche 88.

La base métallique de la pile s'appuie sur deux pieds droits construits à droite et à gauche de la voûte de l'égout, lequel passe entre eux et reste ainsi intact.

Nous pourrons donc éviter de toucher aux canalisations souterraines et, par suite, nous serons à l'abri de l'aléa et des sujétions que comporterait toute modification apportée à ces ouvrages.

Sur les avenues où il existe des tramways, on sera forcé de déplacer celle des voies qui se trouve la plus rapprochée du milieu de la chaussée, pour l'établir du côté opposé, symétriquement à l'autre. C'est là la seule retouche aux dispositions existantes qu'entraîne notre projet.

Disposition du viaduc à la traversée d'un carrefour. — Un viaduc complètement métallique, comme celui que nous venons de décrire, s'il régnait sur plusieurs kilomètres de longueur, serait assurément très monotone d'aspect ; comme, d'un autre côté, on apercevra de loin, par les rues transversales, les parties du viaduc qui franchissent les carrefours correspondant à ces rues ; nous avons été conduit à

faire varier la disposition et l'aspect de la construction en ces points.

Le double but que nous avons voulu atteindre par là a été de rompre la monotonie des lignes du cours et d'améliorer l'aspect de ces parties de l'ouvrage, qui sont placées plus en vue que les autres.

La planche 88 représente la disposition que nous proposons pour ces points spéciaux :

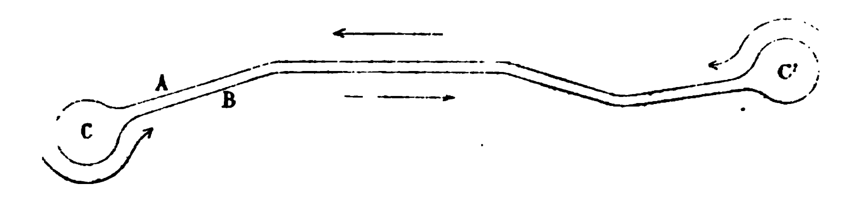
Les piles supportant la travée franchissant le carrefour, au lieu d'être en métal, seraient en maçonnerie, ce qui leur donnerait un aspect moins grêle et plus décoratif. Elles seraient, en quelque sorte, les culées des parties courantes du viaduc. On les disposerait encore symétriquement de chaque côté de l'axe de l'avenue ou de la rue transversale, mais de façon qu'elles soient visibles de divers points de la largeur de ladite artère transversale, sans toutefois que leur présence puisse nuire à la circulation des voitures.

Ces piles, surmontées d'un avant-corps s'élevant jusqu'à la hauteur de la voie supérieure et masquant la jonction des poutres des travées qui y aboutissent, supporteraient chacune un grand candélabre à trois lanternes et seraient décorées d'écussons aux armes variées et traitées, dans toutes leurs parties, pour produire, avec la travée métallique spéciale qui les sépare, un puissant effet architectural. Cette disposition spéciale n'existerait pas, bien entendu, à toutes les rencontres des rues transversales ; les points où on l'adopterait seraient choisis de façon à fractionner le viaduc par longueur de 400 à 500 mètres. La position de ces piles devrait d'ailleurs être combinée en ayant égard à la position des stations, qui, elles aussi, forment des points spéciaux produisant des effets analogues pour le fractionnement du viaduc.

Nous ne nous sommes pas attaché à traiter les détails de la partie décorative de l'ensemble du viaduc ; cette décoration devra, en tout cas, se trouver toujours en harmonie avec les quartiers traversés.

Raccordement des deux voies aux extrémités des parcours. — Comme il ne peut y avoir complète sécurité pour les voyageurs sur un chemin de fer donnant passage à des trains très fréquents, qu'à la condition que, sur une même voie, les trains circulent toujours dans le même sens, et qu'il n'y ait pas d'arrêt, sur le parcours, tel que celui provoqué par une manœuvre pour le passage vertical d'un train d'une voie à l'autre ; il est indispensable que chaque ligne forme par ses deux voies un circuit absolument continu.

Nous réalisons très aisément cette condition dans son entier en raccordant nos deux voies aux extrémités de la ligne par une rampe, affectant en plan la forme d'une boucle circulaire hélicoïdale, raccordée tangentiellement avec chacune des voies.



Le croquis ci-dessus permet de se rendre compte de cette disposition.

Les deux traits A et B représentent les deux voies, nous les avons tracés l'un à côté de l'autre pour la clarté de la figure. Si A, par exemple, représente la voie inférieure, la boucle C se développe en rampe pour se raccorder à la voie supérieure; tandis, au contraire, que la boucle C', de l'extrémité opposée, se développe en pente pour revenir à la voie inférieure.

Comme la hauteur à racheter n'est que de 3^{m},60, ces boucles n'ont pas besoin d'un grand diamètre pour avoir le développement nécessaire. En leur donnant 35 mètres de rayon, la rampe ne sera que de 0^{m},016 par mètre.

Le passage d'une voie à l'autre ayant, évidemment, toujours lieu à petite vitesse, la faible courbure de ces boucles sera tout à fait sans inconvénient. Elles pourront être avantageusement construites en maçonnerie.

Ces raccordements, très simples, forment une des parties essentielles de notre projet.

II. — Matériel roulant.

Les parcours que nous avons étudiés ne comportent que des courbes de grand rayon; sauf cependant, à un petit nombre de points spéciaux, dont il sera question lorsque nous parlerons du tracé des lignes qui

doivent entrer dans le réseau. Dans tous les cas, nous avons prévu un matériel roulant pouvant passer sans ralentir dans des courbes de 100 mètres.

Wagons. — Nous comptons employer de longs wagons, du type américain, montés sur avant et arrière-trains articulés.

La largeur de ces wagons serait de 2m,05 à l'extérieur et leur longueur totale serait de 16 mètres environ.

La division intérieure comprendrait deux rangs longitudinaux de banquettes séparés par un passage.

Les banquettes auraient 0m,45 de largeur et le passage 1 mètre; l'entrée et la sortie des voyageurs se ferait par une porte ménagée à chaque extrémité du couloir central.

Chaque wagon ainsi disposé contiendrait 60 places.

Nous ferons remarquer que ce type de wagon se prête mieux que tout autre à la disposition que nous indiquons plus loin pour faire monter rapidement les voyageurs dans le train et les en faire descendre; d'autre part, il permet d'établir le plancher du couloir immédiatement au-dessus des essieux et, par conséquent, de réduire la hauteur totale de la voiture d'une quantité presque égale au rayon des roues.

A l'aide de cette disposition, nous pouvons faire passer sur la voie inférieure de notre viaduc, avec la hauteur disponible, qui n'est que de 2m,90 au-dessus du rail, des voitures spacieuses présentant une hauteur complètement libre de 2m,10 à l'aplomb du couloir.

Plates-formes pour l'entrée et la sortie des voyageurs. — Pour faire monter et descendre rapidement les voyageurs et réduire la durée des arrêts aux stations à leur minimum, sans avoir à craindre d'accidents, nous nous proposons de faire usage du moyen suivant qui a déjà été appliqué avec succès à New-York, d'une manière analogue.

Entre deux voitures successives, on intercalerait une plate-forte bordée sur les deux côtés longitudinaux d'une grille ouvrante. Cette plate-forme serait en correspondance directe et constante avec les couloirs des deux voitures attenantes, au niveau desquels elle serait établie. Sur chaque plate-forme se trouverait un conducteur indiquant les stations et faisant monter et descendre les voyageurs.

Ces plates-formes auraient 6 mètres de longueur sur 2m,05 de largeur,

soit 12^{m2},30 de surface. On pourrait facilement y faire tenir debout, pour un instant, 25 ou 30 personnes.

Les quais des stations sont établis de plain-pied avec les dites plates-formes, et voici la manœuvre qui aura lieu pour l'entrée et la sortie :

Avant d'arriver à une station, le conducteur fera passer sur les plates-formes les voyageurs qui veulent descendre, et, au moment de l'arrêt, leur ouvrira, du côté de la descente, les grilles qu'il refermera sur le dernier, pour aller aussitôt du côté opposé ouvrir celles de montée ; aussitôt le dernier voyageur dans le train, il les refermera et donnera le signal du départ.

Les voyageurs, une fois entrés sur cette plate-forme se répartiront à leur guise dans les voitures qui y sont attenantes.

On conçoit qu'avec un pareil système le mouvement d'entrée et de sortie d'un grand nombre de voyageurs pourra se faire dans un temps extrêmement court. Nous ajouterons que le dernier type de wagon auquel on semble aujourd'hui donner la préférence à New-York comporte lui-même une plate-forme ; il est distribué de la façon suivante : un couloir central et longitudinal laisse, à droite et à gauche, une série de sièges disposés transversalement deux à deux, mais ceux-ci, à chacune des extrémités de la voiture, ne comportent plus qu'un seul rang qui suit les parois du wagon de façon à laisser en face des deux portes d'entrée un espace libre assez vaste pour remplir le but des plates-formes que nous avons décrites.

Enfin, pour rendre les roues plus élastiques et moins sonores, on emploierait exclusivement des roues à *disques en papier comprimé.*

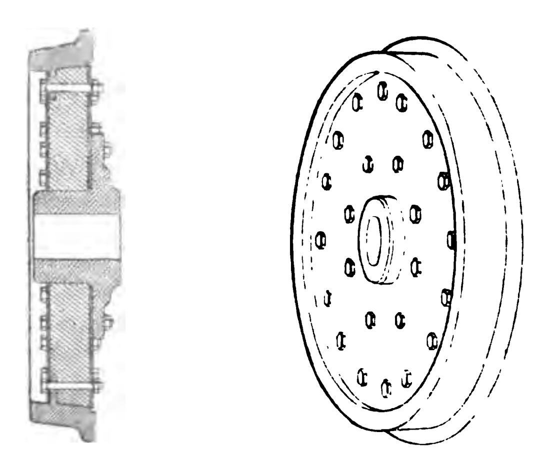
D'après ce que rapportent MM. Lavoinne et Pontzen dans leur ouvrage sur les « chemins de fer en Amérique », ce système de roues est employé avec succès par la compagnie des « Pullman Cars » pour les wagons-lits.

Ce système étant peu connu en France, nous croyons bien faire en rapportant ici les indications données par l'ouvrage de ces ingénieurs sur ce genre de roues :

« L'*American Paper car Wheel Cy* d'Hudson (New-York), fabrique des roues en papier ayant jusqu'à 1^{m},07 de diamètre. Le disque central en papier est fixé, ainsi que le montre le croquis ci-contre,

1. Voir la communication de M. Lencauchez sur les chemins de fer aériens de New-York. Société des Ingénieurs civils, séance du 6 juillet 1883.

au moyen de cercles vissés sur les saillies du bandage entre lesquelles il est emprisonné. En soumettant le disque de papier à une pression de 400 tonnes, on parvient à lui donner une très grande dureté.



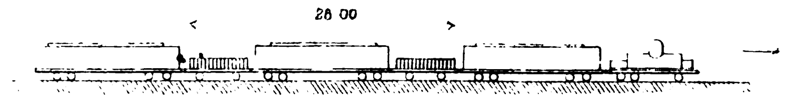
« On cite des roues à disques en papier et bandages en acier fondu ayant fait, sous un wagon-lit, un parcours de 525 000 kilomètres en ne passant qu'une fois au tour. L'épaisseur du bandage permettant un second passage au tour, on estimait qu'on pourrait atteindre un parcours total de plus de 650 000 kilomètres.

« Les disques en papier peuvent être réutilisés avec de nouveaux bandages.

On voit par là que c'est un élément sérieux sur lequel on peut compter pour la constitution du matériel roulant et que son application au métropolitain sera très judicieuse.

Composition des trains. — Nous proposons de composer chaque train, de 3 voitures seulement et de deux plates-formes ; on disposera ainsi de 200 places.

Les voitures et les plates-formes seront distribuées comme le croquis ci-après l'indique :



La voiture placée au centre serait séparée des deux autres par une plate-forme qui desservirait ainsi une voiture et demie.

La longueur totale, englobant la voiture centrale et les deux plates-formes, serait de 28 mètres; longueur sur laquelle on règlera l'étendue des quais des stations, car il est de toute nécessité que, dans les arrêts, les plates-formes se trouvent toujours correspondre aux trottoirs des quais.

Pour un train ainsi disposé, la longueur d'une travée de viaduc suffira toujours à constituer les quais d'une station.

Puissance de transport. — En nous arrêtant à ces dispositions, nous avons voulu constituer un matériel léger et commode pour le service de l'exploitation ; il ne comportera que 200 places, mais il rachètera les inconvénients de ce nombre assez restreint de places par une plus grande fréquence du passage des trains : Pour le service d'une grande ville, cette combinaison nous a paru évidemment la meilleure : des trains plus considérables grèveraient d'une façon désastreuse l'économie de l'exploitation sans donner beaucoup de facilités aux voyageurs. Nous ferons remarquer qu'à New-York les trains ne comportent que 2 à 4 voitures de 48 voyageurs chacune.

Moyens de traction. — Il est évident que notre projet se prête à l'application de tous les systèmes de traction. Toutefois, un chemin aérien, établi comme le nôtre, dans les grandes artères de la ville, ne saurait être desservi par des locomotives ordinaires à foyers; l'emploi du feu, avec la fumée qu'il produit, étant inadmissible aussi bien que l'échappement de la vapeur dans l'atmosphère. Mais nous avons déjà, pour résoudre la question, les locomotives à eau chaude et à condensation de M. Francq, et les machines à air comprimé de M. Mekarski. Les applications, déjà sérieuses, qui ont été faites, de la transmission d'une force de grande puissance par l'électricité, portent à croire qu'on pourrait trouver encore, dans l'emploi de ce principe, une solution qui conviendrait à notre but.

Nous pourrons encore employer la nouvelle locomotive, dite « locomotive à soude » qui fonctionne depuis peu sur le chemin de fer d'Aix-la-Chapelle à Jülich, où elle a donné pleine satisfaction aux divers points de vue qui nous occupent, c'est-à-dire qu'elle opère la traction sans feu, sans fumée, sans échappement de vapeur et sans bruit. On trouvera des renseignements sur cette machine, due à l'ingénieur Honigmann, dans le numéro de l'*Engineer* du 23 janvier 1885 et dans diverses autres revues. Cette machine est basée sur la propriété

que présente une solution concentrée de soude caustique, dont le point d'ébullition est élevé, d'absorber la vapeur d'eau tout en dégageant une grande quantité de chaleur. La chaudière à vapeur est donc entourée d'une enveloppe pleine d'une solution d'hydrate de soude concentrée, dans laquelle arrive la vapeur qui s'échappe des cylindres : celle-ci est absorbée par la soude en dégageant de la chaleur qui est récupérée par la chaudière à vapeur motrice, et l'on évite ainsi le bruit qui accompagne toujours l'échappement dans les autres machines à vapeur ; quand la soude est saturée d'eau, on la remplace par une nouvelle charge ; l'ancienne est ensuite ramenée à l'état caustique par évaporation de l'eau qu'elle contient et elle est employée de nouveau.

Avant d'en finir avec les moteurs, nous devons encore indiquer l'emploi de la traction par câble, dans le cas où on voudrait faire suivre de plus près au viaduc le profil des avenues, en accentuant les déclivités que nous avons prises comme limite.

Mode d'attelage des véhicules. — Freins. — Les trois voitures, les deux plates-formes et la locomotive, qui composeront chaque train, bien qu'articulées entre elles de façon à pouvoir prendre aisément la forme d'un polygone, seront reliées par des attelages très tendus et ne formeront, pour ainsi dire, qu'une seule masse, afin que les arrêts et les démarrages se fassent sans chocs.

Tous les véhicules seront munis de freins à serrage simultané. Un bon système à employer, dans ce cas, est, suivant nous, le frein électrique Achard, frein dont on fait actuellement usage sur les lignes du réseau de l'État. Il donne d'aussi bons résultats que les freins à vide et à vapeur, et présente l'avantage de ne produire aucun bruit en fonctionnant.

III. — Gares des stations.

Avant de définir l'étendue et la forme des gares, il était nécessaire d'indiquer, comme nous venons de le faire, la composition des trains et les moyens d'entrée et de sortie des voyageurs.

Nous aurons trois genres de gares :

1° Les gares sur le parcours d'une ligne ou gares intermédiaires ;

2° Les gares aux points où deux lignes de directions différentes se rencontrent, ou gares de tangence ;

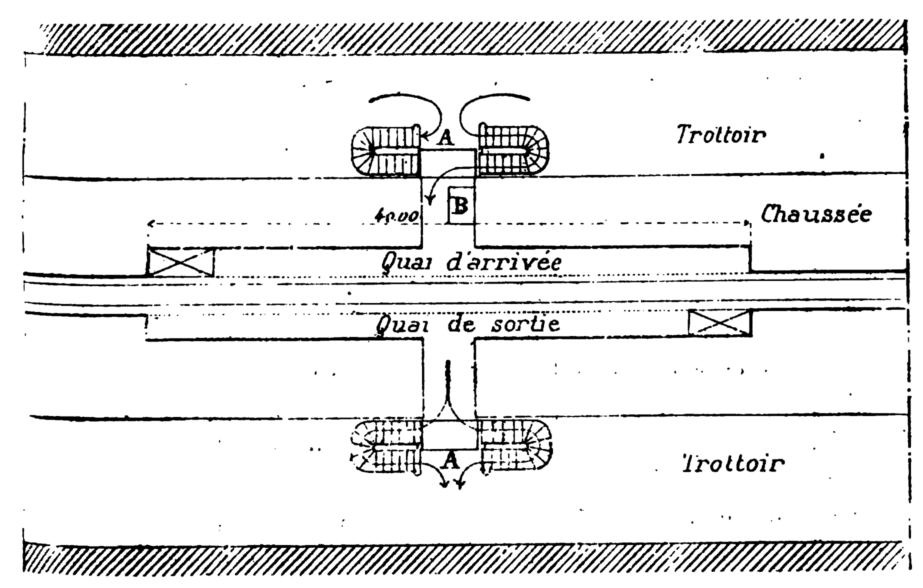
3° Et enfin, les gares aux extrémités de parcours ou terminus.

Gares intermédiaires. — Les quais d'attente des gares intermédiaires seront simplement formés par l'élargissement de la travée du viaduc correspondant à la station.

A cet endroit, l'écartement des poutres prévues à 3^m,70 dans le cours du viaduc, sera porté à 5^m,40. Nos wagons ayant 2^m,05 de largeur, en réservant 2^m,40 pour leur passage, il restera de chaque côté de la voie inférieure une largeur libre de 1^m,40 ayant 36 à 40 mètres de longueur, pour constituer les quais d'attente. Sur la voie supérieure, si on maintient le petit encorbellement qui couronne les poutres du viaduc, les quais auront 2^m,20.

On aura accès à ces quais par des escaliers disposés sur le bord des trottoirs et aboutissant à un passage transversal franchissant au niveau des voies l'espace compris entre le quai et l'aplomb des trottoirs.

La sortie des voyageurs se fera du côté opposé de la voie par des escaliers disposés symétriquement. Le croquis ci-après résume la



Plan des gares intermédiaires.

disposition d'ensemble que nous venons d'indiquer. La planche 88 en indique tous les détails.

Le kiosque de distribution de billets, A, est compris entre les deux escaliers, sur le trottoir, et le bureau du contrôleur, B, est situé sur le palier supérieur; de plus, à chaque extrémité du quai sont

réservés deux bureaux pour le gardien de la station et les autres employés.

Chaque quai de la voie supérieure, pl. 88, est couvert par une petite toiture très légère d'aspect, mais, cependant, suffisante pour garantir les voyageurs de la pluie et du soleil. Les quais de la voie inférieure sont simplement couverts par le plancher de l'autre voie. Les quais inférieurs, comme ceux supérieurs, sont bordés extérieurement par de hauts garde-corps ajourés qui sont disposés pour recevoir, pendant la mauvaise saison, des écrans mobiles pleins, destinés à protéger les voyageurs contre le vent.

Comme on le voit, ces dispositions sont fort simples et l'installation de ces gares ne peut en rien gêner la circulation.

Il est bien entendu que ces constructions devront présenter toute l'élégance possible et que leur aspect ne laissera rien à désirer.

A New-York, ces stations intermédiaires ont été étudiées avec grand soin et par d'habiles artistes. La longueur de la plate-forme est de 40 mètres ; la largeur, de 3^m,30 et la hauteur, de 6 mètres. On y arrive par trois escaliers très légers, dont la cage forme un pavillon. Nous remarquerons encore que, dans notre projet, au lieu d'un quai unique, nous avons, pour chaque voie, un quai pour les voyageurs qui montent dans les trains et un quai pour ceux qui descendent des wagons.

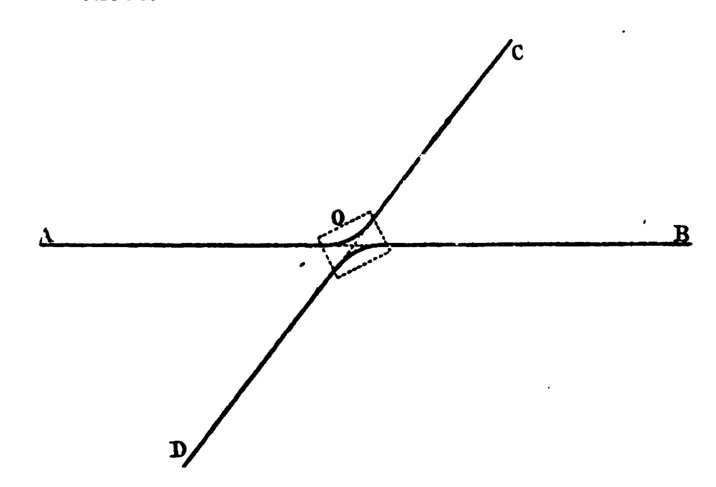
Gare de tangence ou de bifurcation. — L'administration ne voulant pas admettre le croisement de deux lignes dans le même plan, il en résulte une difficulté pour l'établissement des lignes transversales, mais elle est commune à tous les projets ; car on ne pourra qu'exceptionnellement faire passer l'une des lignes sous l'autre, quelles que soient les dispositions adoptées pour leur établissement.

Pour résoudre la question, nous avons imaginé la disposition spéciale suivante :

Soit A B, une ligne déjà établie que vient croiser, dans le même plan, une autre ligne C D. Pour passer d'une ligne à l'autre, nous établirons à leur rencontre, en O, une gare que nous appellerons *gare de tangence* en raison du rôle qu'elle est appelée à jouer.

Au lieu de faire croiser les lignes sur la plate-forme de cette gare, nous les infléchissons en forme d'x de manière à former deux lignes tangentes, comme le croquis ci-après le représente. — A l'aide de cette disposition, le parcours des trains restera continu et un voyageur

arrivant au point O, de l'une des quatre directions qui se croisent en ce point, pourra, en changeant de train, prendre à son gré l'une des trois autres directions.



Ces gares de tangence, du reste en très petit nombre, seront nécessairement situées sur les carrefours formés par la rencontre des avenues que suivront les lignes.

Elles seront constituées par des plates-formes aériennes d'une étendue suffisante pour les installations qu'elles comportent et on y aura accès, comme aux stations du cours, par des escaliers prenant naissance sur les trottoirs.

Gares terminus. — Nous avons déjà dit, en parlant du viaduc, que le raccordement des voies aux extrémités de chaque parcours se ferait au moyen d'une rampe affectant la forme d'une boucle d'environ 70 mètres de diamètre : la partie centrale de cette boucle sera remblayée et on y installera les bâtiments nécessaires au service de l'exploitation. Les ateliers et le dépôt de matériel seront naturellement à proximité d'un terminus, et seront reliés à la boucle, par une voie de service s'embranchant, d'un côté à la voie basse, et de l'autre, à la voie haute.

Éclairage, signaux, téléphones. — L'éclairage des voies et des gares sera des plus faciles, puisqu'on aura le gaz à sa disposition, et, dans le cas où la traction se ferait par l'électricité, on pourrait aisément employer la lumière électrique.

Nous ferons même remarquer à ce sujet, qu'il serait utile d'éclairer

les stations à l'électricité afin qu'on puisse facilement les distinguer de loin pendant la nuit.

Les trains marchant toujours dans le même sens, sur une même voie, il n'y aura pas lieu d'établir d'autres signaux que les feux nécessaires pour que le mécanicien puisse distinguer les stations. Toutefois, comme, pendant une partie de la nuit, aux heures d'arrêt du service des voyageurs, la voie supérieure doit pouvoir donner passage aux trains des grandes lignes, on devra établir des appareils de voies plus complets aux stations où on devra s'embrancher.

Pendant le jour, le mécanicien apercevra, en général, en partant d'une station, la gare suivante et pourra agir promptement dans le cas où pour une cause ou pour une autre, la voie ne serait pas libre devant lui.

Toutes les stations seront, du reste, mises en communication par téléphone et par un télégraphe ordinaire.

IV. — Composition du réseau.

Considérations générales relatives au tracé du réseau. — Relativement à la composition du réseau, nous considérons qu'il n'y a aucun intérêt à le développer au delà de certaines limites, limites qui s'imposent naturellement et qui sont assez étroites.

Cette manière de voir est du reste partagée par beaucoup d'hommes compétents qui repoussent, comme impraticable et inutile, l'établissement d'un réseau à mailles serrées dans une ville dont la surface est relativement aussi peu étendue que celle de Paris.

Programme de la Commission de 1872. — On sait qu'en 1872, une Commission technique fut nommée par le préfet de la Seine, pour examiner les projets qui, à cette époque, firent l'objet d'un concours.

Cette commission était composée de MM. Kleitz, Alphand, Belgrand, Rozat de Mandres, Krantz, inspecteurs généraux des ponts et chaussées ; Callon et Jacquot, inspecteurs généraux des mines ; Solacroup, Couche, Mantion, Vuillemin, Mayer, ingénieurs des grandes Compagnies de chemins de fer ; Delesse, ingénieur en chef des mines. Elle prit, relativement au programme à recommander pour l'exécution de ce réseau, des conclusions qui furent soumises au Conseil général, en mai 1872,

et qui firent l'objet de la délibération dont voici les articles ayant trait à la composition du réseau :

« Article premier. — M. le Préfet de la Seine est autorisé à concéder, avec le concours d'une commission de cinq membres nommés par le Conseil, l'exécution d'un premier réseau de chemin de fer métropolitain dans Paris, dans les conditions déterminées par la loi présentée le 12 juillet 1865.

Art. 2. — La concession comprendra :

1° Une ligne allant du Bois de Boulogne aux chemins de fer de Vincennes et de Lyon par les boulevards intérieurs, passant par ou près de la place de l'Étoile et aboutissant aux boulevards, entre la place de la Concorde et le nouvel Opéra ;

2° Une deuxième ligne partant du boulevard Sébastopol, en face des Halles centrales, suivant ce boulevard, l'avenue Magenta et l'avenue Ornano en partie, et venant aboutir au chemin de fer de Ceinture (*Rive droite*) ;

3° Une troisième ligne ayant son point de départ au chemin de fer de Ceinture (*Rive gauche*) entre Montrouge et Ouest-Ceinture, suivant le boulevard Saint-Michel, le boulevard Saint-Germain et aboutissant au chemin de fer d'Orléans ;

4° Enfin, une première jonction entre le boulevard Saint-Michel et le boulevard Sébastopol, si elle est reconnue possible, et une seconde jonction aboutissant au chemin de fer d'Orléans et la ligne aboutissant au chemin de fer de Lyon.

Ces lignes devront passer à côté des gares de voyageurs des lignes de l'Ouest (*Rive droite*), du Nord, de l'Est, de Lyon, d'Orléans et de Sceaux, et se relier à ces lignes, s'il est possible, par rails, soit directement, soit par embranchement.

La gare de la Bastille sera placée aussi près que possible des salles d'attente de la gare de Vincennes.

Art. 3. — Le concessionnaire ne sera tenu d'exécuter immédiatement que la section comprise entre le chemin de l'Ouest (*Rive droite*) et le chemin de fer de Lyon.

Art. 4. — Il sera demandé au Conseil municipal de mettre gratuitement à la disposition de la Compagnie pendant la durée de la concession :

1° Le terrain appartenant à la ville de Paris et situé entre le boulevard Morland et le quai Henri IV;

2° Un emplacement de 10 hectares destiné à l'établissement, soit des gares terminus, soit des remises, ateliers ou dépendances, dans la partie du bois de Boulogne comprise entre la porte Dauphine et la porte Maillot, l'allée de Longchamps et des fortifications. »

Depuis cette époque, les besoins de locomotion ont augmenté; mais malgré la création de quelques grandes voies nouvelles, nous croyons que le désidératum d'alors, exprimé par ce programme, doit encore être celui d'aujourd'hui, à peu de choses près.

Composition du réseau. — Le réseau que nous proposons, et auquel notre système est applicable dans de bonnes conditions, répond très heureusement à ce programme; nous l'avons étudié en vue de satisfaire à la condition de n'avoir, sur tout son parcours, ni croisement de voies dans le même plan, ni aiguillage.

Il comprend dans son ensemble (voir le tracé plein du plan, pl. 89). deux lignes, dont l'une affecte la forme générale d'une boucle oblongue non fermée, ayant pour grand axe la Seine, et constitue une *Ceinture moyenne;* et l'autre, qui coupe la première en deux points, traverse la ville du Nord-Est au Sud en passant par la Cité. — Nous donnerons successivement l'itinéraire de ces deux lignes principales.

Ligne de Ceinture moyenne. — Le point de départ de la première, que nous désignerons désormais sous le nom de *Ceinture moyenne*, est situé à la pointe du bois de Boulogne, dans la partie comprise entre la porte Dauphine et la porte Maillot, que la Ville doit mettre à la disposition du concessionnaire; elle passe à la Bastille, traverse la Seine sur le pont d'Austerlitz et vient aboutir à l'Esplanade des Invalides où elle se relie au chemin de fer dit « des Moulineaux, » qui, comme on le sait, doit être prolongé jusqu'à ce point.

Elle suit les grandes artères énoncées ci-après, sur lesquelles elle est établie, savoir :

Avenue de la Grande-Armée, rond-point de l'Étoile, avenue Friedland, boulevard Haussmann, boulevard Montmartre et les grands boulevards jusqu'à la Bastille, rue de Lyon, avenue Ledru-Rollin, pont d'Austerlitz, boulevards de l'Hôpital, Saint-Marcel, de Port-Royal, carrefour de l'Observatoire, boulevard Montparnasse, avenue Duquesne et boule-

vard de la Tour-Maubourg à l'extrémité duquel se trouve son second terminus, sur le quai d'Orsay, en face de la manufacture de tabacs.

Comme on le voit, cette ligne ne suit que des avenues de la plus grande largeur (32 à 40 mètres) qui conviennent, on ne peut mieux, à l'établissement d'une voie aérienne ; son parcours est suffisamment régulier, ainsi que le montre le profil en long (pl. 90). — Nous ferons remarquer que, si nous ne fermons pas la boucle de notre ligne de ceinture moyenne, c'est dans un but d'économie. Toutefois, nous reconnaissons qu'on tirerait de grands avantages de la fermeture complète de cette boucle par une nouvelle traversée de la Seine, et nous proposons, dans ce but, de continuer la ligne en suivant l'avenue Duquesne ; on prendrait ensuite l'avenue Bosquet, on franchirait la Seine en se servant du pont de l'Alma ; sur la rive droite, on emprunterait l'avenue du Trocadéro. qu'on suivrait jusqu'à la rencontre de la Ceinture actuelle à la station du « Trocadéro » ; de là, on franchirait les fortifications, dont on suivrait le glacis jusqu'au terminus du bois de Boulogne où on se raccorderait avec la première partie de la boucle.

Ligne transversale. — La ligne transversale part de la station de « Montrouge, » située sur la Ceinture, rive gauche, pour aboutir, après avoir traversé le centre de la ville, à la station de l'avenue de Vincennes, près Saint-Mandé (Ceinture, rive droite).

Elle est établie sur les voies suivantes : avenue d'Orléans, boulevard d'Enfer, rue Campagne-Première, dont elle emprunte un des côtés, carrefour de l'Observatoire, boulevard et pont Saint-Michel, boulevard du Palais, Pont-au-Change, place du Châtelet, boulevard de Sébastopol, rue Turbigo, place de la République, boulevard Voltaire, place de la Nation et cours de Vincennes où se trouve son second terminus près de la station de la Ceinture.

Cette ligne transversale est aussi très régulière et ne suit que des artères convenant bien à son établissement.

Raccordement par rails avec les gares des grandes lignes. — Le réseau, formé par la combinaison de ces deux lignes, serait relié directement par les rails de sa voie supérieure, à l'aide de petits embranchements spéciaux, avec les gares de Saint-Lazare et de Lyon. Il communiquerait aussi par rails avec les gares de Vincennes et de Sceaux tangentiellement auxquelles il passe.

Il vient naturellement à l'idée d'établir un embranchement pour con-

duire directement aux Halles les denrées alimentaires ; mais, si on songe qu'il n'y a qu'une très minime partie de la consommation de Paris qui doit aller sur ce point, que, d'un autre côté, ces denrées n'arrivent pas toujours par wagons complets et qu'il faudrait, pour établir une gare de triage pouvant être de quelque utilité, un emplacement au moins double de celui occupé actuellement par les Halles, on se rend facilement compte que c'est là une idée chimérique à laquelle il faut renoncer. Du reste son application laisserait non seulement subsister les inconvénients de l'encombrement des voitures à certaines heures du matin pour la répartition des denrées sur les divers points de la ville, mais l'augmenterait encore.

Lignes complémentaires. — Après l'établissement de cette première partie des lignes du réseau, et, lorsqu'on sera fixé sur les résultats qu'on en aura obtenus, il pourra être complété par l'addition de plusieurs autres lignes secondaires dont nous signalerons seulement les suivantes, figurées en éléments sur le plan (pl. 89) :

1° Place de la République à la porte de Clignancourt par les boulevards de Magenta et d'Ornano ;

2° Opéra à la Villette par la rue de Lafayette et la rue de Flandre ;

3° Enfin, porte Maillot à Puteaux.

Les deux premières lignes, en raison de leur peu de développement et du peu de circulation à certaines heures, pourraient être à une seule voie, et desservies par un train faisant la navette d'une extrémité à l'autre[1].

Ateliers et dépôts de matériel. — Les ateliers et le dépôt centra seraient installés dans les 10 hectares de terrain de la pointe du bois de Boulogne, que la ville doit mettre à la disposition du concessionnaire, et qui sont situés, comme nous l'avons dit, entre la porte Dauphine et la porte Maillot. Deux autres dépôts avec petit atelier seraient installés, l'un à Saint-Mandé, l'autre à Montrouge.

Circuits continus parcourus par les trains. — On remarquera que la ceinture moyenne et la ligne transversale, dont nous venons d'indiquer le trajet, ne peuvent être parcourues respectivement sur toute

1. Elles deviendront inutiles, si on adopte la solution que nous proposons plus loin pour faire circuler les trains de banlieue sur notre Métropolitain.

leur longueur, par un même train, par suite de l'obligation d'éviter les croisements et les aiguillages. Les circuits, aux deux points où ces lignes se coupent, deviennent en effet, tangents l'un à l'autre, au lieu de se croiser, conformément à la disposition que nous avons expliquée au chapitre précédent en parlant des gares de tangence.

Ainsi, le voyageur qui voudra suivre l'une de ces lignes dans toute son étendue, devra changer de train aux deux points où elles se rencontrent.

Néanmoins, le réseau entier comporte deux circuits continus : l'un partant de la porte Maillot pour aboutir à l'avenue de Vincennes ; l'autre, partant de l'esplanade des Invalides, se dirige, par le carrefour de l'Observatoire, sur la place de la République, d'où il revient, en passant par les gares de Lyon et d'Orléans, toucher de nouveau au carrefour de l'Observatoire, pour aboutir à Montrouge.

Points desservis par l'ensemble du réseau. — Le plan de Paris (pl. 89), représente l'ensemble du réseau tracé en traits pleins.

Ce dernier plan indique aussi, en éléments, les lignes complémentaires dont nous avons parlé, ainsi que la fermeture de la ceinture intérieure.

Un coup d'œil jeté sur ce plan montre que, par la combinaison des deux lignes projetées, tous les points importants de la capitale, ou à peu près tous, se trouvent reliés entre eux, ainsi qu'aux gares des grandes lignes. La ligne de ceinture moyenne parcourt, en effet, les quartiers les plus fréquentés de la rive droite et met en communication directe : les gares de Saint-Lazare, de Vincennes, de Lyon et de Sceaux; de plus, elle se raccorde au chemin de fer des Moulineaux et dessert les gares de l'Est, d'Orléans et de Montparnasse; d'autre part, la ligne transversale relie à son tour le centre de la ville et les quartiers les plus populeux de la rive gauche, non seulement à deux points de cette ceinture moyenne, mais aussi à deux points de la ceinture actuelle.

L'examen de ce plan met aussi en évidence ce fait particulier, que la ceinture actuelle passant au centre des dix-neuvième et vingtième arrondissements, c'est-à-dire, traversant les quartiers : de la porte de Flandre, de Belleville, d'Amérique, du Père-Lachaise et de Charonne, et croisant tout près de là, à la porte de Vincennes, notre ligne transversale, ces quartiers ouvriers éloignés se trouvent mis en rapport avec le centre de la ville dans de très bonnes conditions.

Nous ferons remarquer que, dans le Métropolitain de Londres, le circuit fermé, dénommé " *Inner Circle* " (ceinture intérieure), entoure un espace dans lequel il n'existe aucun chemin de fer et qui a environ 3 kilomètres de largeur sur 6 à 7 kilomètres de longueur. Ce circuit dessert les gares de grandes lignes qui se trouvent toutes situées sur son parcours, et pénètre, par divers embranchements et par diverses boucles dans les autres quartiers de la ville et dans la banlieue; il présente avec le nôtre une certaine analogie. Notre ceinture moyenne, comme l' " *Inner Circle* ", dessert toutes les gares de grandes lignes, et elle entoure un espace de dimensions à peu près équivalentes. Nous avons, en plus, l'avantage, avec notre tracé, que cet espace est coupé transversalement par une branche du réseau, et longitudinalement par la Seine, sur laquelle il existe des moyens de tranport rapides et très économiques.

On observera, dans un autre ordre d'idées, que, par une heureuse disposition du parcours des lignes que nous avons projetées, elles contournent sans y pénétrer, mais en les desservant suffisamment, ce que l'on est convenu d'appeler les *quartiers artistiques de Paris:* les Champs-Élysées, la place de la Concorde, le Louvre et les Tuileries, la Madeleine et le Corps législatif, le boulevard des Italiens, la place et l'avenue de l'Opéra, la rue de la Paix, l'Hôtel de Ville; elles ne troublent donc point l'harmonie des belles lignes qu'ils présentent et dont les Parisiens sont fiers à juste titre.

La belle perspective qu'offre l'avenue de la Grande-Armée n'est même pas atteinte par le parcours sur lequel nous la suivons, parce que notre viaduc est établi dans l'une des contre-allées et se trouve dissimulé par les deux rangs d'arbres qui la bordent.

Nous croyons que, dans ces conditions, notre tracé répond au programme de la commission de 1872 et qu'il suffit à tous les besoins actuels de la circulation dans l'intérieur de la ville.

Certainement on aura toujours la faculté d'augmenter ce réseau, mais nous avons la conviction que, pour le moment, ce serait superflu.

Nous avons placé les stations sur nos lignes à une distance moyenne de 500 mètres dans les quartiers très fréquentés et de 800 mètres dans les autres.

Ces stations sont au nombre de trente-huit, y compris les terminus.

Longueur des lignes. — La longueur développée de l'ensemble des

lignes, non compris les parcours qui sont pointillés sur la carte (pl. 89), et y compris les raccordements, est de 27 500 mètres.

Elle se subdivise comme suit :

Longueur de la ligne de Ceinture moyenne.	16 250	mètres.
— de la ligne transversale	10 600	—
— des 2 embranchements de la gare Saint-Lazare, de la gare de Lyon.	650	—
Total.	27 500	—

Dans la description du projet que nous avons faite au chapitre Ier, nous disions qu'une partie du viaduc serait du type mixte en maçonnerie; nous avons compté employer cette solution, d'une part, sur les avenues ayant des contre-allées permettant d'y établir des voies, et, d'autre part, à l'endroit, du reste unique, où le viaduc doit se trouver en façade sur l'un des côtés de la rue, par suite du peu de largeur de celle-ci.

Les parcours sur lesquels on pourra s'établir sur viaduc mixte en fer et en maçonnerie sont les suivants :

1° Ligne de ceinture moyenne :

Contre-allée de l'avenue de la Grande-Armée. .	750	mètres	
— du boulevard de l'Hôpital	450	—	
— du boulevard Saint-Marcel	800	—	
— du boulevard du Port-Royal	1 100	—	
Total pour la Ceinture moyenne.			3 100[1]

2° Ligne transversale :

Avenue de Vincennes.	930	—	
Rue Campagne-Première	320	—	
Boulevard d'Enfer.	450	—	
Total pour la ligne transversale			1 700
Soit ensemble.	mètres. .		4 800

1. Si on fermait la boucle, toute la partie du viaduc située sur l'avenue du Trocadéro, c'est-à-dire la majeure partie du raccordement serait de ce type.

En outre, comme nous l'avons dit, partout où l'étude de détail montrera que cela est possible, on sectionnera le viaduc métallique, en y intercalant des arches en maçonnerie, dans le but de varier l'aspect de l'ouvrage et de donner plus de fermeté à ses lignes; de sorte que l'on peut compter que l'ensemble des ouvrages de maçonnerie pourra atteindre 6 000 mètres.

Décomposition de la longueur du réseau par nature d'ouvrage.— D'un autre côté, les raccordements des deux voies aux terminus seraient établis sur terrassement; de sorte que la décomposition du développement total des lignes par nature d'ouvrage serait la suivante :

Longueur sur terrassement.	1 500	mètres
— sur viaduc en maçonnerie.	6 000	—
— — métallique	20 000	—
Total égal.	27 500	—

Nous devons faire remarquer que, du côté du boulevard de Port-Royal, on est exposé à ce que les fondations rencontrent les Catacombes ; dans ce cas, et si leur exécution était trop dispendieuse, il faudrait renoncer à l'établissement du viaduc en maçonnerie et avoir recours aux viaducs métalliques.

L'examen des profils en long montre que les rampes ne dépassent en aucun point $0^m,02$ par mètre. Les courbes sont en général de grand rayon, sauf en deux points : aux raccordements tangentiels du carrefour de l'Observatoire et de la place de la République, où nous avons des courbes de 100 mètres. Enfin, la hauteur des piliers qui supportent les stations ne dépasse jamais de beaucoup la hauteur normale de 5 mètres, et nous rappellerons à cet égard, qu'à Berlin, la plate-forme qui supporte le chemin de fer métropolitain est à $7^m,50$ au-dessus du niveau du sol; qu'à New-York, elle est souvent encore beaucoup plus élevée, puisque les trains passent dans certains points à plus de 26 mètres au-dessus du sol. Enfin, dans les chemins de fer souterrains, la voie serait certainement comme à Londres, à 10 mètres au minimum au-dessous du sol, et comme le profil de la voie souterraine ne pourrait suivre celui de la surface, il arriverait que, dans certains points accidentés des parcours, il y aurait une différence de niveau beaucoup plus grande encore entre le sol et les voies.

V. — Devis estimatif des dépenses. — Tarifs. — Recettes. Durée d'exécution.

Évaluation des dépenses. — Maintenant que notre projet est complètement défini, nous pourrons faire l'estimation des dépenses qu'entraînera son exécution avec beaucoup d'exactitude.

Voici comment nous établissons le devis estimatif de ces dépenses :

Nos D'ORDRE	NATURE DES DEPENSES	PAR KILOMÈTRE	TOTAL PARTIEL par kilomètre	DEPENSES pour tout LE RÉSEAU	DEPENSES TOTALES par article.
	1° *Construction de la voie et des gares.*	francs	francs	francs	francs
1	Viaduc avec appuis.	1.100.000			
2	Voies avec leurs accessoires.	80.000			
3	Stations, avec leur matériel et leur mobilier, à raison de une station par 6/10 de kilomètre et de 36 000 francs l'une . . .	60.000			
4	Déplacement d'une voie de tramway, en moyenne sur toute la longueur des lignes.	40.000			
5	Divers et imprévu.	30.000			
	Dépenses de construction de la voie par kilomètre . . .		1.310.000		
	Soit pour les 27^{km}500 du réseau.			36.025.000	
	2° *Matériel roulant et frais d'administration.*				
6	Matériel roulant pour l'exploitation de tout le réseau .			4.500.000	
7	Construction des ateliers et dépôts			1.600 000	
					42.125.000
8	Frais d'étude, frais d'administration et intérêt du capital resté improductif pendant une moyenne d'un an : 15 pour 100 environ des dépenses, soit.				7.825.000
	TOTAL GÉNÉRAL DES DÉPENSES.				50.000.000

Soit par kilomètre $\frac{50\ 000\ 000}{27\ 500} = 1\ 818\ 181$ francs

ou en chiffre rond : 1 800 000 francs par kilomètre.

Ainsi donc, les dépenses d'établissement de nos lignes et l'acquisition du matériel complet nécessaire à leur exploitation ne dépassera pas 1 800 000 francs par kilomètre.

Nous devons attirer l'attention sur le degré d'exactitude de ce chiffre et la confiance qu'on doit accorder à notre estimation.

La plus grosse partie des dépenses se rapportant à des constructions métalliques, dont l'exécution ne prête à aucun aléa, peut être évaluée avec une exactitude parfaite. Néanmoins, nous ne nous en sommes pas rapporté seulement à nos connaissances pour faire cette évaluation; après avoir fait nos calculs, nous avons contrôlé et rectifié nos chiffres par les renseignements que nous avons pris auprès de nos principaux établissements de construction.

On commettrait donc une erreur grave, si on assimilait notre devis aux estimations superficielles qui accompagnent généralement les avant-projets de construction de ce genre.

Nous avons la certitude que les dépenses ne dépasseront pas les limites que nous avons indiquées; du reste, toute personne compétente pourra vérifier rapidement l'exactitude de notre estimation.

Tarifs. — Relativement aux tarifs, voici ce que le programme de la Commission de 1872, approuvé par le Conseil général de la Seine, prescrivait :

. . . .

Art. 9. — Le cahier des charges de la concession sera rédigé par le préfet de la Seine et la commission du Conseil général, dont il est parlé à l'article premier. Il limitera le maximum du tarif à 0 fr. 10 par kilomètre pour la première classe et à 0 fr. 06 pour la deuxième, avec un minimum de perception de 0 fr. 30 et de 0 fr. 20.

Les premiers trains partiront à cinq heures et demie en été, et à six heures et demie en hiver. Pendant la première heure, les voyageurs de deuxième classe ne payeront que la moitié du tarif et auront droit, moyennant ce prix réduit, à un billet de retour, sans que le prix ainsi payé puisse excéder 0 fr. 10 pour tout le parcours dans l'intérieur de Paris.

Le concessionnaire ne pourra augmenter le dimanche le prix des places fixé pour les autres jours de la semaine . . . .

. . . .

Nous croyons que des tarifs, plus élevés que ceux des tramways et des omnibus, ne donneraient pas satisfaction à la population parisienne, quoique, à New-York, le prix soit unique et de 0 fr. 50 par personne, pendant que les tramways et les omnibus ne font payer que

la moitié de ce prix. De même, à Londres, les tarifs dans le Métropolitain sont kilométriques et bien plus élevés que ceux que nous voulons et pouvons admettre avec notre projet. En somme, nous pensons qu'en dehors des billets ouvriers, il faut deux classes, et que les prix du parcours, sur tout le réseau, jusqu'aux fortifications, ne peuvent dépasser les prix actuels des omnibus.

Nous proposons donc de fixer le prix des billets ouvriers à 0 fr. 10, comme le demande le rapport de la Commission, à 0 fr. 20 le prix des secondes et à 0 fr. 30 le prix des premières.

Les départs des trains ouvriers seraient intercalés dans ceux des autres trains, de 5 heures et demie à 7 heures du matin et, le soir, de 6 heures à 7 heures et demie.

Les billets seront pris aux kiosques de distribution des stations et contrôlés avant l'entrée des voyageurs dans le train. A cet effet, les escaliers et les parties des quais affectés à l'une et l'autre classes, seront séparés sans communication possible. — Les wagons de l'une et l'autre classe formeront, dans le train, des groupes distincts qui ne communiqueront pas entre eux et qui viendront s'arrêter, dans les stations, en face des espaces réservés à chaque classe

Lorsque les voyageurs seront entrés dans le train, on n'aura plus à s'occuper d'eux et ils échapperont ainsi aux ennuis du contrôle en marche.

Recettes. — L'évaluation des recettes est la partie du devis de l'entreprise qui, assurément, présente le plus de difficultés à apprécier exactement.

Si, pour une direction donnée, on veut se baser exclusivement sur les recettes accusées par les Compagnies d'omnibus et de tramways, on peut toujours conclure au chiffre auquel on désire arriver. On peut, en effet, englober dans les recettes d'une ligne une proportion plus ou moins importante des lignes qui suivent, dans un certain rayon, la même direction. En outre de ce que cette manière de compter a d'arbitraire, il est impossible de savoir d'avance dans quelle proportion les voyageurs se répartiront entre le Métropolitain et les omnibus qui suivront le même itinéraire. A ce sujet, nous rappellerons, qu'à New-York, l'influence des chemins de fer aériens a été presque nulle sur le nombre des voyageurs des lignes de tramways ou d'omnibus qui suivaient cependant les mêmes parcours.

Nous avons cherché à nous rendre compte du trafic probable, en prenant pour base les conditions suivantes :

Nous admettrons que nos trains, qui comprennent 200 places, partiront toutes les cinq minutes.

Pour une exploitation de 17 heures en moyenne par jour, nous aurons une puissance de transport, dans chaque sens, de 40 000 places.

Si, maintenant, on admet qu'il y ait toujours dans les trains la moitié des places vides, mais que, dans un parcours complet sur tout le réseau, on renouvelle deux fois les voyageurs, ce qui est un minimum pour les omnibus, chaque train produira une recette égale au nombre des places qu'il contient, multiplié par le prix d'une place une fois payée.

Comme nous avons une puissance de transport de 80 000 places pour l'ensemble des parcours dans les deux sens, le prix moyen de la place étant de 0 fr. 20, la recette brute journalière, pour l'ensemble du réseau, sera de : 80 000 × 0,20 = 16 000 francs,

et pour 365 jours : 16 000 × 365 = ...	5 840 000
Les frais d'exploitation représentant environ 1/3 de cette somme, soit.	1 940 000
La recette nette sera de.	3 900 000

Soit un peu moins de 8 pour 100 environ du capital, pour son revenu et son amortissement.

Nous ferons observer que la recette brute de 5 840 000 francs, qui correspond à très peu près à 200 000 francs par kilomètre, peut d'autant moins être taxée d'exagération que notre calcul ne conduit qu'à un nombre total annuel de 30 millions de voyageurs; alors qu'il était de 90 millions de voyageurs en 1882, à New-York, ville de 1 200 000 âmes, où le réseau urbain, il est vrai, avait déjà 75 kilomètres de longueur.

Délais d'exécution. — L'exécution de notre projet pourrait être très rapide, si les travaux qu'il comporte étaient répartis entre un grand nombre de maisons de construction : un délai de deux ans serait suffisant.

La partie de la Ceinture moyenne, comprise entre le bois de Boulogne et la gare de Lyon, pourrait être exécutée en premier lieu, concurremment avec la partie de la ligne transversale comprise entre la place de la République et la gare de Sceaux. Ces deux tronçons

pourraient être livrés à la circulation dans un délai de dix-huit mois.

On achèverait le réseau dans les six mois suivants.

IV. – Solution pour rendre notre Métropolitain accessible aux trains de banlieue.

Considérations générales. — Nous avons déjà signalé à plusieurs reprises dans le cours de cet exposé que notre étude était basée sur ce principe : qu'en vue d'éviter toute chance de danger, il ne devait y avoir ni croisement de deux lignes dans le même plan, ni aiguillage.

Cette exigence, qui répond à la manière de voir de l'administration, nous a conduit à une disposition qui présente des avantages incontestables ; mais elle n'est pas sans donner lieu à de graves inconvénients.

Elle se prête évidemment à une exploitation des plus simples, permettant de réduire à son extrême limite les frais de surveillance et elle garantit une sécurité complète aux voyageurs ; par contre, elle ne permet qu'un réseau difficilement accessible aux trains de la banlieue et ne constitue, en somme, qu'un tramway perfectionné.

En outre, elle ne permet pas de faire varier le nombre de trains sur les différentes parties d'un circuit, à la demande des besoins à desservir. Chaque train doit, en effet, forcément parcourir toute l'étendue comprise entre les terminus de la ligne et dessert ainsi de la même façon les points où la circulation est très active et ceux où elle est peu prononcée. C'est là assurément une obligation onéreuse pour l'exploitation.

En admettant, au contraire, les embranchements avec aiguillage, la question se simplifie du tout au tout et se pose dans des conditions beaucoup plus larges.

On peut, en effet, dans ce cas, rendre le réseau métropolitain facilement accessible aux trains de banlieue et faire en sorte que ces trains circulent sur toute son étendue pour y déposer des voyageurs.

On peut aussi aisément faire varier la fréquence des trains dans les différentes fractions du réseau, suivant ce qu'exigent les besoins des quartiers traversés.

En présence de ce qui se pratique, dans une si large mesure, sur les lignes métropolitaines de Londres, avec toute la sécurité désirable, il n'est plus permis, croyons-nous, d'hésiter à user des mêmes facilités

pour étendre les services que peut rendre le futur Métropolitain de Paris.

Rappelons, à ce sujet, qu'à Londres les diverses compagnies métropolitaines sont liées, entre elles et avec la plupart des compagnies des grandes lignes aboutissant à la métropole, par des conventions, en vue de l'utilisation en commun, des rails et des gares des lignes qui enlacent la ville et y pénètrent de toutes parts; lignes que des raccordements à l'infini mettent toutes en communication.

En substituant ainsi, pour le bien de tous, l'entente à la concurrence, on est arrivé à desservir, d'une façon merveilleuse, cette grande cité, sans compromettre en rien la sécurité des voyageurs.

M. l'ingénieur en chef Huet, dans son rapport sur les Métropolitains de Londres, fait ressortir l'activité des services de transport qui mettent en communication entre eux et avec la banlieue les différents points de la ville, ainsi que le prodigieux degré d'utilisation des rails et des gares. Ces considérations nous paraissent devoir attirer toute l'attention des personnes qui auront à décider ce qu'il convient de faire à Paris.

Conditions spéciales. — Notre projet de Métropolitain, comme on va le voir, se prête facilement à un agencement permettant, à l'aide d'une entente avec les grandes compagnies, d'arriver, comme à Londres, à établir des communications directes par rails de tous les points de Paris, qu'il dessert, avec la banlieue desservie par lesdites compagnies.

Dans ce but, la boucle que forme notre ceinture moyenne, et qui est discontinue dans le premier projet, devra être fermée, comme nous l'avons d'ailleurs indiqué. Cette artère principale devra ensuite être raccordée avec toutes les gares des grandes compagnies et avec les divers embranchements qui viendront s'y greffer.

Remarquons d'abord que la situation de la plupart des gares actuelles est très favorable à des raccordements avec notre ligne aérienne, notamment la gare de Saint-Lazare, de l'Est, de Vincennes, de Lyon, de Sceaux et la gare Montparnasse, dans lesquelles le niveau des rails se trouve à bonne hauteur au-dessus du sol environnant : aux gares du Nord et d'Orléans, dans lesquelles le niveau des rails est peu élevé, il y a quelques difficultés, mais celles-ci sont peu considérables, car il suffit au maximum d'une longueur de 450 mètres pour

racheter la hauteur de la voie supérieure de notre viaduc, et 250 mètres seulement pour la voie inférieure.

Nous avons indiqué sur la carte (pl.89) l'ensemble du réseau avec ses raccordements, projeté suivant ce nouvel ordre d'idées. Cette carte montre que notre tracé se combine très heureusement pour atteindre le but que nous poursuivons. On voit, en effet, qu'avec cette disposition on pourra mettre toutes les grandes gares en communication entre elles et avec les différentes stations du Métropolitain. Ainsi, par exemple, les trains arrivant de la banlieue, à la gare Saint-Lazare, pourront être dirigés, à volonté, sur la gare Montparnasse, ou sur les gares du Nord et de Lyon, en s'arrêtant à toutes les stations du Métropolitain situées sur ce parcours. Il en sera de même pour tous les trains de banlieue des autres compagnies, qui pourront à volonté parcourir, en les desservant, telles ou telles parties du Métropolitain.

Mais il vient de suite à l'idée que la voie inférieure de notre viaduc étant renfermée dans un espace limité en hauteur et en largeur par les éléments de la construction et déterminé en vue de la circulation d'un matériel de dimensions plus réduites que celui des grandes compagnies, ne pourra pas donner passage à ce dernier, et on peut aussi faire des objections au sujet de la trop grande longueur des trains arrivant de la banlieue : tout ceci est évident, aussi allons-nous faire connaître les dispositions à adopter pour arriver à notre but.

Faisons d'abord observer qu'en aucun cas il n'est admissible que les locomotives en usage sur les grandes lignes traversent la ville ; il faudra donc, dans chaque grande gare, remplacer la locomotive ordinaire par une locomotive spéciale au Métropolitain. En ce qui concerne les wagons, pour plusieurs raisons, les grandes compagnies qui ont déjà, en général, un matériel spécial pour la banlieue, seraient amenées à adopter, pour cette exploitation, des wagons disposés comme ceux du Métropolitain ; mais disons de suite que cette transformation du matériel roulant qui nous paraît utile, n'est cependant *nullement indispensable*, vu que notre viaduc, tel qu'il est projeté, peut sans aucune modification, avec le parcours disposé comme nous venons de l'indiquer, donner passage au matériel de grandes compagnies, quel qu'il soit. Nous attirons la plus sérieuse attention sur ce point.

Remarquons, en effet, que notre artère principale formant une ligne circulaire fermée, les trains engagés sur la voie supérieure n'ont plus

à passer sur la voie inférieure pour faire retour. Chaque voie se trouve ainsi avoir une circulation en sens inverse, mais indépendante l'une de l'autre; les trains de banlieue, en sortant d'une des grandes gares, pourront à volonté être engagés sur l'une ou l'autre voie, suivant la direction qu'on voudra prendre, ou mieux, le train de banlieue sera divisé en deux, chaque moitié se dirigeant en sens opposé. Mais cette disposition exige, avons nous dit, que la banlieue soit munie d'un matériel spécial ; en attendant qn'il en soit ainsi, on peut renoncer à cette faculté de diriger les trains dans les deux sens et s'astreindre à ne faire usage, pour les wagons de banlieue, que de la voie supérieure; dans ce cas on pourra même utiliser les voitures à deux étages qui sont employées sur ces lignes et le seul inconvénient qui se présentera c'est que le retour des trains ne s'opérera qu'après un tour complet de l'artère circulaire : c'est là une sujétion, mais elle est compensée par le sérieux avantage de pouvoir circuler sur tout le réseau Métropolitain avec des véhicules de tous genres.

Il appartiendrait aux grandes compagnies de choisir l'un ou l'autre de ces moyens, suivant l'intérêt qu'elles y trouveraient : les unes pouvant adopter le matériel spécial nécessaire pour la circulation dans les deux sens, et les autres, se contentant de circuler sur la voie supérieure avec leur matériel ordinaire.

En ce qui concerne la longueur des trains, il est vrai que nos stations ne conviendraient pas pour le nombre de voitures qui peuvent entrer dans la composition d'un train ordinaire ; mais nous ferons remarquer que la division du train de banlieue aux grandes gares s'impose d'elle-même : d'abord, parce qu'un certain nombre de voyageurs descendront toujours à ces gares, et ensuite, parce que, à cause de la fréquence des trains sur le Métropolitain, on ne peut avoir un trop grand nombre de wagons dans chaque train, sinon ceux-ci resteraient vides sur une grande partie du parcours. Cette division sera, du reste. sans inconvénient, si on s'arrange pour que chaque portion du train ne transporte que des voyageurs se rendant à des sections différentes du Métropolitain.

Mode d'exploitation. — Il va sans dire que l'ensemble des services sur le Métropolitain serait réglé de façon à assurer d'une manière régulière le service urbain proprement dit ; dans ce but, chaque train, qu'il appartienne au service intérieur ou à celui de la banlieue, laisse-

rait et prendrait des voyageurs à toutes les stations où il ferait arrêt.

C'est, du reste, ce qui se passe à Londres, sur une bien plus vaste échelle.

On conçoit aisément toutes les facilités de circulation que donnerait à la population parisienne et à celle de la banlieue une pareille organisation ; il est inutile, croyons-nous, d'en faire ressortir davantage l'importance.

Nous avons dit qu'on avait obtenu sur les lignes métropolitaines de Londres une complète sécurité, malgré leur enchevêtrement, en les exploitant par le « Block-System, » c'est-à-dire par le système à voie fermée. Nous dirons en deux mots, pour les personnes qui ne sont pas au courant des questions de chemin de fer, en quoi il consiste. Pour cette exploitation, la voie est divisée en sections, par des postes-signaux, sur chacune desquelles il ne peut s'engager en même temps qu'un seul train dans chaque sens.

Ces postes sont reliés entre eux par des communications électriques de plusieurs sortes qui, par diverses combinaisons, font connaître, d'une façon certaine, si la voie est fermée ou ouverte entre deux postes consécutifs. Un train ne pouvant s'engager sur une section qu'après accord parfait des deux postes placés à ses extrémités, on comprend que toute chance de rencontre de deux trains se trouve écartée.

En raison de ce que, dans notre Métropolitain, les deux voies ne sont pas placées l'une à côté de l'autre, les aiguillages et les croisements se trouveront beaucoup simplifiés et les chances d'erreur diminuées.

Nous pensons donc qu'on pourra, sans nuire à la sécurité, se contenter d'installer les appareils du « Block-System, » seulement dans les parties où se trouveront situés les aiguillages.

Augmentation des dépenses. — Recettes. — La longueur développée du nouveau réseau, par rapport à celle du réseau primitif, se trouve augmentée, mais dans une bien faible mesure.

Si on laisse à la charge des grandes compagnies les raccordements de leurs gares avec notre grande artère circulaire et si on supprime l'embranchement du Petit-Montrouge qui devient inutile, le développement total du nouveau réseau est de . . . . . . 28 800 mètres.
au lieu du développement primitif qui a servi de base à nos calculs et qui était de . . . . 27 500 —

Soit une longueur en plus de. . . . . 1 300 mètres.

L'augmentation de dépenses correspondante est d'environ . . . . 2 500 000 francs.

Mais à cause de la plus grande importance à donner aux stations, ainsi qu'aux appareils à signaux, il convient de porter cette majoration de dépenses à . . . . 5 000 000 francs.

Il faut encore remarquer qu'avec la nouvelle solution, que nous proposons, les frais d'exploitation seront notablement plus élevés que ceux correspondant à la première ; mais ces dépenses supplémentaires pourront, sans aucun doute, être largement couvertes par les redevances que payeraient les grandes compagnies pour le droit de faire circuler leurs trains de banlieue sur les lignes du Métropolitain.

De plus, les grandes facilités que donnerait aux voyageurs ce nouvel agencement des voies, ne tarderaient pas à se traduire par une progression dans les recettes qui assurerait un avenir prospère à l'entreprise.

Nous préconisons donc cette solution qui se prête à toutes les combinaisons désirables et qui ne peut manquer d'obtenir la préférence de tous sur la première.

Nous rappellerons en terminant ce chapitre, que, dans notre projet primitif, nous avions encore envisagé une disposition spéciale du viaduc permettant l'installation de trois voies, dont deux placées sur le même plan, soit à la partie inférieure, soit à la partie supérieure, et la troisième sur la seconde plate-forme. Les deux voies placées sur le même plan feraient un service régulier d'aller et de retour ; quant à la troisième, elle aurait été affectée à un service spécial de factage et de voyageurs avec bagages. Elle aurait été exploitée en navette. Cette disposition exigeant un matériel tout à fait spécial et ne se prêtant pas facilement à la circulation des trains de banlieue, nous n'en parlons ici que pour mémoire.

VII. — Conclusions.

Conditions réalisées par notre projet. — En résumé, le chemin de fer dont nous présentons le projet réunit les conditions suivantes :

1° *Il peut être installé sans détruire ou modifier aucunement ce qui existe, et son exécution n'offre aucun aléa ;*

2° *Il assure le transport à bas prix des voyageurs à l'air et à la lumière, sans nuire à la circulation dans les voies où il est établi ;*

3° *Il résout la question d'une façon originale, appropriée aux circonstances, sans cependant comporter l'application d'autres moyens que ceux dont l'usage est consacré par la pratique, moyens qui ne laissent subsister aucun doute sur son bon fonctionnement ;*

4° *Disposé pour recevoir le matériel léger qui convient au service urbain, il peut, néanmoins, laisser circuler les trains de banlieue et au besoin donner passage à des trains quelconques des grandes lignes ;*

5° *Il a une puissance de transport pouvant répondre à tous les besoins :*

6° *Il comporte un réseau reliant tous les points principaux de la capitale entre eux, et, répondant par ailleurs, au désideratum des commissions officielles ;*

7° *Le viaduc ainsi établi se prête à des déplacements partiels, qui permettent de modifier son parcours à volonté, sans que cela entraîne des dépenses considérables ;*

8° *Il n'exige, pour son établissement, qu'un capital pouvant être rémunéré par les recettes que lui assure l'application de tarifs modérés ;*

9° *Il peut être exécuté dans un très court délai.*

Que peut-on désirer de plus, et que pourront objecter les partisans du souterrain ?

Qu'il gâtera l'aspect des avenues ? Que la circulation des trains produira un bruit intolérable ? Qu'il sera dangereux en cas de déraillement ?

Voyons ce que renferment de fondé ces objections.

Aspect. — Suivant nous, loin de nuire à l'aspect de nos grandes artères, le viaduc, tel que nous le comprenons, contribuera à le rendre plus grandiose.

En esthétique, plus qu'en toute autre matière, il est facile d'émettre une opinion négative, surtout lorsqu'il s'agit d'une œuvre à réaliser, mais il est plus difficile de la justifier par de bonnes raisons.

Le beau est l'expression de l'utile, a dit un philosophe ancien, et tous ceux qui se sont occupés de construction ou d'œuvre d'art savent si cette définition est juste.

L'esprit n'est, en effet, satisfait, que lorsqu'on est arrivé, dans l'étude d'une construction, à en disposer les éléments de façon à rendre évidente leur utilité.

A défaut d'autre mérite, notre viaduc aura toujours celui d'être incontestablement une œuvre utile, ménageant bien les divers intérêts à satisfaire, et nous avons la conviction, que sa présence au milieu des deux rangs d'arbres d'une avenue, avec l'animation que créera le passage des trains dans les deux sens, ne diminuera ni l'agrément ni le bon aspect des boulevards que nous avons choisis pour son parcours.

Bruit occasionné par le passage des trains.— Examinons maintenant les objections relatives au bruit que causera le passage des trains.

Il est à présumer qu'on ne pourra jamais arriver à supprimer complètement le bruit provenant de la circulation des trains, mais on parviendra, assurément, à l'atténuer suffisamment pour qu'il se confonde tout à fait avec les bruits de la rue.

En supposant même qu'on ne fasse faire aucun progrès à cette question, on sait, par les rapports des personnes qui ont vu fonctionner les chemins de fer aériens de New-York, que ce bruit, malgré les défectuosités de certains des types adoptés, n'est guère plus intense et n'est pas plus désagréable que celui produit dans nos rues par de gros camions, de grands omnibus et les voitures de tramways.

Mais on possède, à ce point de vue spécial, des éléments d'amélioration importants et dont les effets ne peuvent être mis en doute :

1° Un système de construction présentant moins de prise aux vibrations;

2° L'emploi de rails longs et très lourds, qui auront facilement toute la longueur des travées, et qui, d'après l'expérience faite en Hollande sur les ponts métalliques de la traversée de Rotterdam, doivent atténuer considérablement le bruit;

3° L'emploi, comme moteur, de la locomotive à soude, du système Honigmann qui est, comme nous l'avons dit, une machine sans feu, ni fumée, ni échappement d'air ou de vapeur, et complètement silencieuse;

4° L'emploi de roues à disques en papier comprimé déjà expérimentées en Amérique avec succès ;

5° Enfin, l'utilisation du procédé qui consiste à rompre les vibrations des pièces métalliques, en y pratiquant des trous qu'on remplit de plomb.

Sécurité contre les déraillements. — Le déraillement d'un train est toujours un accident à redouter. Sur le Métropolitain, il pourrait

avoir des conséquences plus graves que sur une ligne ordinaire; mais, à ceux qui redoutent ces accidents, nous répondrons qu'ils ne pourront se produire, en raison des moyens préventifs dont on fera usage et qui sont connus : Contre-rails, patins de glissement en cas de rupture d'essieux, etc.; ajoutons que, d'un autre côté, la faible vitesse des trains évitera les déraillements. Nous devons faire observer, du reste, que les conséquences du déraillement d'un train sur notre viaduc ne seraient pas pires que celles d'un déraillement dans un souterrain ; en effet, il est probable que, dans ce dernier cas, le train déraillé de l'une des voies serait tamponné par celui circulant sur l'autre voie; les personnes qui survivraient à ces deux chocs auraient, de plus, à craindre d'être écrasées par les débris de maçonnerie qui pourraient se détacher de la voute.

On pourra encore objecter que notre projet ne peut être utilisé à la création d'une gare centrale pour le départ des voyageurs par toutes les grandes lignes. Nous reconnaissons cette lacune et nous n'avons pas eu la prétention de satisfaire à une telle condition. Nous croyons qu'on est généralement d'accord pour admettre qu'une gare centrale, si on doit jamais en créer une, ne peut être desservie que par une voie indépendante du Métropolitain et par les soins des grandes compagnies.

Considérations sommaires sur le Métropolitain souterrain. — Nous n'avons pas à faire ici la critique du projet de Métropolitain souterrain, en présence duquel nous nous trouvons. Nous rappellerons, cependant, que ce projet a soulevé les plus graves critiques, tant au point de vue financier qu'au point de vue des difficultés techniques que présente son exécution et de l'utilité d'avoir recours à ce système.

Ces critiques, qui nous paraissent parfaitement fondées, se trouvent très bien résumées dans la communication faite, à ce sujet, par M. L. Richard à la Société des Ingénieurs civils, dans la séance du 3 août 1883.

Cet ingénieur, ancien président de cette Société et dont on connaît la compétence en matière de chemin de fer, a exprimé d'une façon nette et précise l'opinion du plus grand nombre, et nous ne saurions mieux faire que de renvoyer le lecteur à ce qu'il a dit dans la séance précitée.

Mais, en dehors des considérations techniques et de celles se rapportant aux goûts de la population parisienne qui aime l'air, la lumière et le spectacle si animé de notre beau Paris, il y en a d'autres qui mili-

tent aussi en faveur de notre projet; nous voulons parler de celles d'ordre économique.

Il nous paraît certain, que la dépense qu'entraînerait la création d'un Métropolitain souterrain serait au bas mot triple de celle correspondant à notre projet, et nous ne croyons pas qu'à cette augmentation de dépense corresponde une augmentation quelconque de recette : le contraire pourrait peut être même avoir lieu.

Si, en effet, on augmente le prix des places, on diminuera le nombre des voyageurs ; c'est-à-dire qu'on fera varier en sens inverse les éléments du produit, mais on ne l'augmentera pas.

D'un autre coté, on ne fera croire à personne que si la population parisienne avait à opter entre le voyage à bon marché, en plein air et en pleine lumière, et le voyage plus coûteux, sous terre, dans un milieu humide, mal éclairé et peu salubre, elle choisisse ce dernier.

Aux partisans invétérés du souterrain, nous ferons observer, qu'avec les intérêts des millions que nous économiserons en adoptant un chemin aérien économique, nous reconstituerons très promptement le capital dépensé. Si donc, par impossible, le chemin aérien ne satisfaisait pas, dans une mesure suffisante, aux exigences de la circulation ou si, pour tout autre motif de convenance, on jugeait nécessaire d'avoir recours à un autre système ; on pourrait, dans un délai relativement court, reprendre la question, sans que le trésor public s'en trouvât grevé. En attendant l'exécution de ce Métropolitain, idéal jusqu'ici, c'est-à-dire ne soulevant d'objection d'aucune sorte, la population parisienne jouirait enfin d'un moyen de transport rapide et économique, qu'elle réclame instamment.

Il est certain alors que, profitant de l'expérience acquise, on pourrait, à loisir, créer quelque chose de plus parfait, dont on préparerait, sans hâte, les éléments d'exécution, en disposant, par exemple, les nouvelles voies à percer dans la capitale en vue du passage du Métropolitain futur.

Nous ajouterons encore, au sujet de la question financière, que le Métropolitain souterrain ne formant que la prolongation de grandes lignes à l'intérieur de Paris et devant être en rapport constant, à la fois avec elles et avec le chemin de Ceinture, il appartiendrait aux grandes compagnies de chemins de fer, ainsi que cela a eu lieu pour la Ceinture, d'être chargées de sa construction et de son exploitation, si l'entreprise était financièrement possible.

Au sujet de la comparaison des conditions d'établissement du Métropolitain à Londres et à Paris, nous rappellerons que les lois anglaises n'autorisent pas l'expropriation, et, quand bien même on aurait voulu installer le Métropolitain au-dessus du sol, on aurait rencontré des difficultés insurmontables.

Mais, terminons là les critiques que soulève le projet d'un Métropolitain souterrain, il est de ceux auxquels on peut appliquer justement ces belles paroles d'un savant professeur de l'École centrale, M. de Comberousse, aujourd'hui Président de notre Société :

« *Apprenons enfin à ne pas aller à l'étranger ou chez nous-même porter notre argent à des entreprises mort-nées ou sans profit pour le bien public, et sachons le dépenser pour le bonheur de notre chère France.* »

Enfin, je ne terminerai pas ce mémoire sans signaler que, parmi les collaborateurs de mon projet, se trouve, au premier rang, M. Lantrac, ingénieur de la compagnie de Fives-Lille, qui a bien voulu me prêter le concours précieux de son expérience dans ce genre de questions.

VIII. — APPENDICE.

Les Métropolitains à l'étranger. — Nous croyons utile de présenter ici, comme complément de notre travail, l'exposé rapide de ce qui s'est fait jusqu'à présent, dans les divers pays, au point de vue des Métropolitains. Nous commencerons par remonter au début des chemins de fer.

Les chemins de fer à l'origine. — On sait combien le début des chemins de fer a été modeste. Tout d'abord, ils n'avaient qu'un but : celui de porter les marchandises : des voyageurs il n'était pas question.

En France, c'est dans la Loire que les premiers chemins de fer furent établis vers 1825. Il y a des détails peu connus à ce sujet ; ils m'ont été racontés par des personnes âgées, qui ont vu ces premières voies ferrées : les rails étaient en fonte et avaient $0^m,80$ de longueur ; ils étaient assemblés les uns au bout des autres en *queue d'aronde*, suivant l'expression consacrée, ils appuyaient leurs joints sur des dés en pierre. Les wagons n'avaient pas de tampons. Qu'on juge si les voyageurs s'aventuraient facilement et voulaient venir sur un pareil chemin de fer.

Ce n'est guère, en France, qu'en 1833, que parut un projet offrant

aux voyageurs un moyen de transport confortable ; c'était le projet d'Eugène Flachat, dont nous avons le buste dans la salle des séances de la Société des Ingénieurs civils, et que je voudrais bien voir revivre et venir pendant une demi-heure au milieu de nous, car il me donnerait certainement raison pour l'établissement d'un Métropolitain aérien à Paris. En réalité, il en eut le premier l'idée dans son projet du chemin de fer de Saint-Germain : il proposait, en effet, d'amener les voyageurs jusqu'à la place de la Madeleine, au moyen d'une voie aérienne, établie sur viaduc avec arceaux en fonte. A cette époque, les propriétaires riverains s'opposèrent absolument à l'exécution de ce projet, et réussirent à gagner leur cause. Il est vrai qu'alors les locomotives faisaient du bruit et de la fumée, et les moyens que nous connaissons aujourd'hui de les en empêcher n'existaient pas.

Métropolitain de Londres. — Il était réservé aux Anglais de créer les premiers le Métropolitain. Déjà, en 1833, à l'époque dont nous parlons, un chemin de fer pénétrait dans la ville jusqu'au pont de Londres, et pourtant le Royaume-Uni ne comptait encore que cent lieues de chemins de fer construits. Depuis, la ville s'étant accrue énormément, a eu besoin à l'intérieur même de moyens de locomotion rapides et développés.

Aujourd'hui, Londres a une étendue de 24 kilomètres de l'est à l'ouest, le long de la Tamise, et de 20 kilomètres du sud au nord. La Cité, placée vers l'est, présente une surface qui n'est que les 3 pour 100 de celle de Paris; elle renferme pourtant, pendant la journée, 500 000 habitants ; Paris aurait, dans les mêmes conditions, plus de 15 millions d'habitants. Mais, pendant la nuit, il n'y a plus que 50 000 habitants dans la Cité; 450 000 personnes sont obligées d'aller chercher l'air à la campagne. Pour favoriser cet exode journalier, on fit un Métropolitain et on le fit souterrain, parce qu'à Londres le sol est composé d'une épaisse couche d'argile imperméable aux eaux et qu'il n'y a pas d'inondations à redouter. D'ailleurs, les lois d'expropriation n'existant pas, l'installation d'un chemin de fer à travers les rues de Londres était extrêmement difficile à réaliser, sans parler des frais énormes qu'aurait entraînés l'acquisition des immeubles à démolir dans les riches quartiers qu'il fallait desservir. Toutefois, le chemin est en tranchée ou en viaduc dans les parties où il a été pratiquement possible de le faire ainsi.

Le Métropolitain de Londres se compose d'une sorte d'ovale de 3 kilomètres du nord au sud, et de 7 kilomètres de l'est à l'ouest, complété par quelques boucles qui sont à l'extérieur de l'anneau.

Si l'on réfléchit que cette ceinture intérieure correspond, comme surface, à environ le quart de la surface de Paris, on reconnaît que Londres n'est pas admirablement desservi; car, à Paris, si au lieu d'avoir la Seine qui traverse la ville et la divise en deux parties, on avait, à la place, une ligne de chemin de fer, se reliant à la ceinture, on serait déjà à moitié aussi bien desservi. On aurait, en effet, deux tronçons entourés d'un chemin de fer dont chaque partie correspondrait, comme surface, à la moitié de celle englobée par la ceinture de Londres. Nous tenons à faire ressortir ce fait, afin de mettre en garde contre cette pensée, trop commune, c'est que, pour se mettre au niveau de Londres, il faut, à Paris, couvrir la ville d'un réseau de chemin de fer à mailles serrées.

Nous ajouterons encore qu'à Londres, où l'on a été si vite décidé pour construire des chemins de fer métropolitains, on s'est toujours refusé à laisser les tramways pénétrer dans la Cité et dans les autres quartiers du centre; ils s'arrêtent donc là où commence une grande agglomération de population, dont ils pourraient gêner les mouvements par suite de l'impuissance de leurs véhicules à se dévier d'une direction déterminée.

La ligne principale à Londres, est celle qu'on désigne sous le nom d'*inner circle;* elle a 18 500 mètres de développement; elle comprend la section de South Kensington à Bishopsgate, qui a 12 046 mètres de longueur, et se compose d'une succession de tunnels ou de tranchées; M. Huet, inspecteur général des ponts et chaussées, écrivait au sujet de cette ligne : « On a évité ainsi les expropriations coûteuses des maisons, et, quand on a dû se jeter à travers des propriétés privées, on a trouvé, comme compensation aux dépenses considérables d'expropriation nécessitées par cette traversée, *la facilité d'y établir le chemin de fer à ciel ouvert.* — Cette compensation fut largement appréciée, lorsque l'ouverture de cette première section fit ressortir les difficultés sérieuses *que présente l'exploitation de souterrains de grande longueur*, parcourus par un grand nombre de trains. » — En effet, depuis que cette ligne souterraine est construite, les ingénieurs n'ont cessé la recherche de solutions nouvelles pour améliorer les conditions d'exploitation en souterrains; par exemple, on a percé la voûte de dis-

tance en distance, les ouvertures étant masquées par des plaques de fonte à jour, formant, dans l'axe des rues, des refuges de 5 à 6 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur.

La durée de la construction a été de dix années et a donné lieu à divers accidents; l'un, entre autres, assez bizarre : Pendant les travaux, le principal égout de Londres, celui de « fleet Seever » s'est crevé, et je laisse à penser quelles sont les conséquences d'un pareil accident dans un souterrain.

Les conditions de l'exploitation peuvent se résumer ainsi, sur l'*inner circle* :

Durée des arrêts aux stations, 30 secondes;

Les trains comportent cinq voitures de 12 mètres de longueur chacune, comprenant trois classes; le poids des machines est de 42 tonnes de 1 015 kilogrammes, elles sont munies de caisses remplies d'eau qui jouent le rôle de condenseur.

La vitesse maxima est de 32 à 40 kilomètres à l'heure et la vitesse moyenne de 18 kilom. 5. — Les stations sont espacées de 800 à 900 mètres et l'on veut arriver à 400 mètres seulement. Il y a un train par 3 minutes. — Les tarifs sont kilométriques et d'un prix élevé, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

	1re	2me	3me
Au dessous de 1 kilomètre	0,30	0,20	0,10
de 1 à 2 »	0,40	0,30	0,20
de 2 à 4 »	0,60	0,40	0,30
de 4 à 14 »	0,80	0,60	0,40
de 14 à 18.5 »	1.20	0,90	0,60

Malgré l'activité des trains urbains, les compagnies étrangères lancent leurs trains sur ces lignes et réciproquement : grâce à d'excellents systèmes de signaux, il n'y a pas d'accidents.

Les recettes ont suivi le mouvement suivant :

En 1863 — 424 690 francs par kilomètre.
En 1877 — 737 250 francs —
En 1882 — 810 000 francs —

Le capital de la société est de 208 millions de francs pour 18 500 mètres de chemin de fer, soit un peu plus de 11 millions par kilomètre.

Les frais d'exploitation sont environ de 30 pour 100.

Une des boucles se rattachant à celle dont je viens de parler, l'*outer circle* ou *ceinture extérieure*, a un développement de 13 431 mètres; elle a coûté 10 154 000 francs le kilomètre.

Le revenu kilométrique y était déjà en 1877 de 310 900 francs avec 43 pour 100 de frais d'exploitation. L'élévation assez grande de ce taux est due, sans doute, aux frais que nécessite le mouvement des aiguillages nombreux dont est pourvue cette ligne aux points de jonction avec les autres lignes de chemins de fer.

Enfin, quatre autres réseaux sont tracés sur le territoire urbain :

Le premier d'entre eux a 19 533 mètres de longueur; c'est le « North London railway; » le mouvement des marchandises entre pour moitié dans ses recettes; les frais d'exploitation atteignent 45 pour 100 des recettes brutes, qui sont de 260 000 francs par kilomètre (1882). La seconde ligne, « East London railway, » a 9 700 mètres de longueur ; elle passe sous la Tamise dans le souterrain construit par l'ingénieur français Brunnel.

La troisième ligne, « Hammersmith and City railway, » a 4 768 mètres de longueur.

Nous ne poursuivrons pas plus loin cette nomenclature; nous dirons seulement qu'il y avait en 1882, une longueur totale de 197 444 mètres de chemin de fer métropolitain dans la ville de Londres ; que, depuis cette date, on a un peu augmenté ce réseau et que, dans les parties centrales, où depuis l'établissement des premières lignes du réseau général, les terrains ont acquis une grande valeur, le prix de revient du kilomètre a atteint et dépassé le chiffre énorme de 48 000 000 de francs.

Outre la dépense élevée qu'à entraîné à Londres le système souterrain ou en tranchée, ce qui frappe dans ce système, c'est le temps qui a été nécessaire pour l'établissement complet du réseau ; ainsi, la première section a été ouverte en 1863, et en 1885, c'est-à-dire 22 ans plus tard, on n'a pas achevé entièrement le réseau. Enfin, si l'on fait la part des difficultés bien plus grandes qu'il y aurait à Paris pour construire un souterrain, on peut juger quel coefficient de majoration il faudrait donner à l'ensemble des résultats et des conditions ci-dessus !

On a remarqué à Londres qu'on dépassait difficilement, en souterrain, une longueur de 3 500 mètres, sans vicier horriblement la composition de l'air; ainsi vers le soir, les voyageurs sont fatigués par l'atmosphère impure qu'ils traversent, quoi qu'on fasse pour assurer la ventilation

aux deux extrémités des tunnels, ou pour éviter la mauvaise influence des fumées des machines.

Métropolitain de Berlin. — Passons maintenant à Berlin. Les allemands, vers 1874, eurent l'idée d'y faire un Métropolitain. Ils allèrent droit au but et coupèrent carrément la ville de Berlin en deux parties égales par un immense viaduc. Ils avaient déjà une ligne de ceinture analogue à la nôtre, qu'ils relièrent ainsi de l'est à l'ouest. Onze lignes de chemin de fer viennent aboutir à cette ceinture, et l'on aperçoit l'importance de cette jonction au point de vue stratégique, surtout dans une ville en plaine où le cas de siège est surtout à redouter. Mais, en dehors de cette considération éventuelle, ce Métropolitain rend chaque jour de grands services.

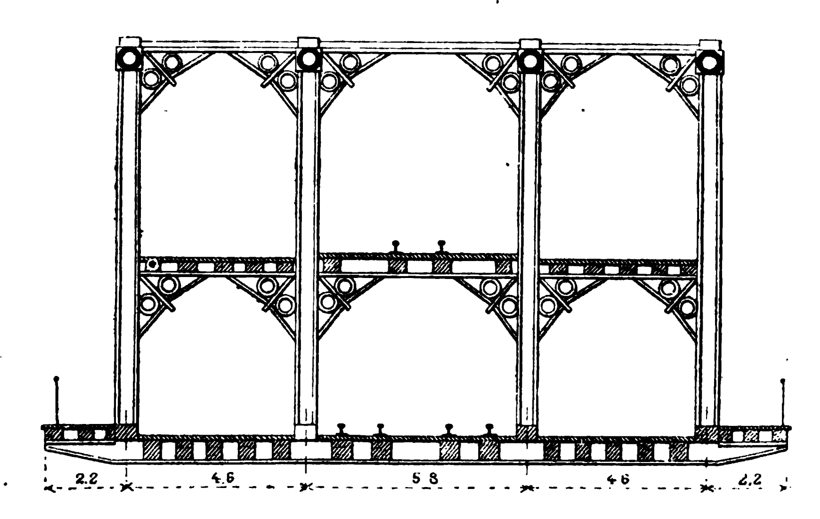
Le viaduc a 15^{m},50 de largeur de plate-forme ; il est élevé de 7^{m},50 au-dessus du sol, il supporte quatre voies : deux voies, l'une montante et l'autre descendante, pour le service urbain ; et les deux autres voies, pour le transit. Les deux services sont complètement distincts.

Les locomotives, analogues à celles de Londres, pèsent 24 tonnes environ. Elles consomment du coke et envoient dans l'eau du tender la vapeur de l'échappement. La vitesse maxima du train est de 45 kilomètres. Ce viaduc, dans les quartiers étroits, a tranché à travers les pâtés de maisons et a été combiné avec des opérations de voirie ; on a ainsi créé, le long de son parcours, des rues nouvelles et construit des maisons neuves ; enfin, au-dessous des arcades du viaduc, qui est tantôt en maçonnerie, tantôt en fer, on a installé des magasins. Sur les places et sur les grandes voies, ce viaduc passe au milieu, et cela même dans les quartiers les plus artistiques ; par exemple, sur la place du Château, devant le musée. Lorsque j'ai visité Berlin, on venait de terminer ce viaduc : il ne m'a choqué en rien, et je n'ai ressenti aucune impression désagréable à voir sa massive silhouette de pierre s'allonger au milieu de ces belles avenues, devant ces splendides demeures, décorées suivant le goût du siècle dernier, qu'on rencontre dans les quartiers aristocratiques qu'il traverse. Les habitants se sont plaints aussi, au début, mais modérément, comme on doit le faire dans ce pays-là. Aujourd'hui, ils sont entièrement satisfaits ; ils se montrent même fiers et orgueilleux de leur Métropolitain.

Métropolitains américains. — Montréal. — En Amérique, il y a une cité, dont le nombre d'habitants n'est pas considérable, mais qui

a une grande importance commerciale : c'est Montréal. Cette ville est placée sur une île du fleuve Saint-Laurent, précisément à l'endroit où il commence d'être navigable pour les plus grands navires. De tous les points des vastes territoires environnants arrivent, par cinq lignes de chemins de fer, des quantités énormes de marchandises. Comme le Saint-Laurent n'est navigable que pendant six mois environ de l'année, il y a là des stocks considérables qui attendent le moment favorable pour s'en aller par eau. Il fallait relier au travers du fleuve, qui a plus de 2 kilomètres de largeur, non seulement les lignes ferrées de ses rives droite et gauche, mais encore la ville elle-même. On a fait, dans ce but, le pont Victoria, véritable monument formé de 25 parties tubulaires accolées les unes aux autres, de 5 mètres de largeur chacune, et contenant des voies à l'intérieur. Ce pont a 3 kilomètres de longueur et a coûté 32 millions de francs. Les cinq lignes de chemins de fer dont nous vous parlons, communiquent par des embranchements avec la ligne ferrée des quais, qui a 3 kilomètres de longueur. De plus, il y a, pour desservir la ville, quatre grandes lignes de tramways à vapeur, lesquelles sont munies de la voie normale et agencées de façon que le commerçant peut, aux heures de la nuit, recevoir devant sa porte le wagon chargé de marchandises qu'il attend, ou en expédier un. Bien plus, en 1876, un ingénieur, M. Charles Legge, a fait et publié un projet grandiose de chemin de fer métropolitain, dont nous avons pu nous procurer un exemplaire : ce viaduc comporte un tablier d'une section toute particulière, dont la figure ci-dessous montre la coupe. Il faut savoir qu'à Montréal, pendant deux mois de l'année, à l'époque de la débacle des glaces, les habitants sont exposés à manquer de vivres, parce que, étant dans une île, il leur est difficile d'aller en bateau chercher des provisions sur les bords du fleuve ; ils font à l'avance des provisions ; malgré cela, le prix des denrées augmente alors dans une forte proportion. C'est pour parer à cette difficulté et ouvrir un chemin à tous jusqu'aux rives du fleuve que l'ingénieur Charles Legge proposa son projet. Le viaduc, qui est complètement métallique, traverse la ville sur des piliers, depuis « la côte à Barron » au nord, jusqu'à « Market-Place » au bord du fleuve. Dans ce trajet, il suit la longue avenue Colborne sur une longueur d'environ 3 kilomètres. Il franchit ensuite le fleuve sur le pont « Royal-Albert » et à une grande altitude pour permettre le passage des navires. Sur l'autre rive du fleuve, le tracé du viaduc se rapproche rapidement du sol et, lors-

qu'il n'en est plus qu'à une faible distance, certaines des voies se relient au sol, pendant que le viaduc continue encore en pente douce jusqu'à sa jonction avec les grandes lignes. Ce viaduc monumental, de 9 kilomètres environ de longueur totale, se compose de quatre poutres parallèles enfermant deux larges plates-formes superposées; entre les deux poutres du milieu, sur chaque plate-forme, sont disposées des voies de chemins de fer et de tramways à vapeur. Entre les deux poutres extrêmes et les poutres intérieures, se trouvent sur chacune des plates-formes, des voies charretières ou autres, disposées de telle sorte que les chars vont toujours dans le même sens sur la même plate-forme, pour éviter les collisions; de cette façon, les véhicules se dirigent en sens inverse alternativement sur les deux plates-formes super-



Tablier à voies superposées du pont Royal-Albert sur le fleuve Saint-Laurent, à Montréal (Canada).

posées. De distance en distance, il y a des plans inclinés qui permettent aux véhicules et aux voyageurs de descendre dans la ville. Il en est de même, avons-nous dit, aux approches des terminus. Sur les deux côtés du tablier, il y a, en outre, deux passerelles destinées aux piétons.

New-York. — Nous arrivons maintenant à la ville de New-York.

Cette capitale est construite sur une sorte de plage triangulaire, qui est enserrée entre deux bras de l'Hudson; elle s'étend sur une longueur de 15 kilomètres dans un sens, et de 3 kilom. 1/2 dans l'autre sens.

Comme la plupart des villes neuves, les voies s'y croisent à peu près à angle droit ; le mouvement étant de 400 000 voyageurs par jour, il arrivait des accidents fréquents, par suite de la difficulté, pour le grand nombre des voitures qui se rencontraient ainsi à angle droit, de s'éviter. Aussi, dès 1869, les autorités se préoccupèrent des moyens de diminuer l'encombrement des rues. D'abord, on pensa à faire un souterrain. La question fut mise à l'enquête, et le Sénat donna son entière adhésion. Le sous-sol de la ville de New-York est de granit. On commença les travaux du côté de *City-Hall.* Qu'arriva-t-il? C'est que la roche granitique, comme cela est souvent le cas, était fissurée, et, à l'époque des hautes mers, les eaux pénétraient dans le souterrain; on fut donc obligé de renoncer à ce projet, dont le devis s'élevait d'ailleurs à 10 500 000 francs le kilomètre. On songea alors à faire un Métropolitain en tranchée; mais, pour ce nouveau projet, le devis atteignait 15 millions de francs le kilomètre, par suite des expropriations : c'était ruineux; on y renonça. En 1876, on se décida à construire un chemin de fer aérien dont nous donnons quatre coupes (Pl. 89), d'après l'intéressant ouvrage de MM. E. Lavoinne et E. Pontzen; *les Chemins de fer en Amérique.* Elles montrent que si, dans les larges avenues, les riverains ne sont pas gênés, ils le sont, au contraire, considérablement dans les rues étroites, de moins de 8 mètres de chaussée, où les trains ne passent qu'à $1^m,40$ environ de la façade des maisons.

Dans Broadway, qui est la plus commerçante rue de New-York, dont la chaussée a 15 mètres de largeur, les colonnes qui supportent le tablier sont placées sur le bord des trottoirs et à 16 mètres les unes des autres. Dans la sixième avenue, les colonnes sont, au contraire, au milieu de la chaussée; elles ne sont espacées que de 15 mètres dans le sens longitudinal, et de $7^m,20$ dans l'autre sens. L'espace libre entre le trottoir et la rangée de colonnes la plus voisine, est de $5^m,20$.

Malgré cette véritable *forêt* de colonnes établie sur la chaussée, la circulation des voitures a lieu sans inconvénient, ce qui doit pleinement rassurer ceux qui craignent sur la circulation à Paris une mauvaise influence de la part des piliers dont je me sers.

La hauteur au-dessus du sol des plates-formes est au minimum de 6 mètres environ, mais, ce niveau est très variable suivant le profil même du terrain ; ainsi, dans la huitième avenue, les voies passent à

des hauteurs qui atteignent 26m,30 au-dessus de la chaussée : les piliers métalliques ont, dans ce cas, 19m,60 de hauteur, et reposent sur des dés en maçonnerie de 6m,70.

Les stations, construites en fer, sont généralement distantes de 1 kilomètre en longueur et, autant que possible, placées aux intersections des rues ; elles sont munies de deux escaliers indépendants, l'un correspondant à la voie montante, l'autre à la voie descendante.

Les locomotives, du poids de 15 tonnes, n'ont pas de dispositions spéciales notables ; on a cherché, toutefois, à rendre le foyer aussi fumivore que possible.

Les wagons, pourvus de freins à air comprimé, sont chauffés en hiver par une circulation d'eau chaude.

La ligne de la sixième avenue, qui est d'une exécution très soignée, a coûté 3 millions de francs le kilomètre ; toutefois, pour l'ensemble des lignes, la dépense a été, en moyenne, de deux millions le kilomètre.

La vitesse moyenne des trains est de 20 kilomètres à l'heure, sauf dans la sixième avenue où elle atteint 26 500 mètres à l'heure, y compris l'arrêt aux stations qui, sur cette ligne, ne sont qu'à 500 mètres les unes des autres.

Dans la seconde avenue, où les trains sont moins fréquents, ceux-ci se lancent à une vitesse maxima de 48 kilomètres à l'heure.

Enfin, à certaines heures de la journée, toutes les lignes sont parcourues par des trains express, qui ne s'arrêtent que dans un petit nombre de stations très populeuses ; ces trains se lancent à des vitesses de 64 kilomètres à l'heure.

Le prix du transport, pour toute la longueur de la ville, est de 0 fr.50, entre 9 heures du matin et 4 heures de l'après-midi. — Il n'est que de 0 fr. 25 de 5 heures à 9 heures du matin, et de 4 heures à 8 heures du soir.

Le succès de ces voies nouvelles à New-York se traduit par les chiffres suivants :

Pendant l'exercice 1879-1880, sur un réseau de 51 kil. 05, on a transporté 60 831 737 voyageurs, soit 166 000 voyageurs par jour.

Pendant l'exercice 1880-1881, on a transporté 74 292 830 voyageurs, soit 203 542 par jour.

Enfin, pour le premier semestre de 1882, auquel s'arrêtent nos renseignements, le nombre des voyageurs était de 42 961 639, soit envi-

ron 90 millions pour l'année, et 237 305 par jour. — Dans une seule journée de 1882, on a pointé 274 023 voyageurs ; enfin, au jour de l'inauguration du pont de Brooklyn, la puissance de transport de ces voies s'est affirmée, car plus de 300 000 voyageurs ont circulé sur les 113 kilomètres de voies simples qui formaient le réseau total.

Les recettes brutes s'élèvent (1882) à environ 260 000 francs le kilomètre ; les frais d'exploitation sont 45 pour 100 de cette somme ; ce qui donne un revenu de 7,45 pour 100 au capital engagé, et un bénéfice de 0 fr. 20 environ par voyageur, lequel paye en moyenne 0 fr. 37.

On a remarqué que les frais d'entretien des voies aériennes sont moindres que ceux des lignes à niveau ; ce qui provient, sans doute, de la légèreté du matériel, de l'absence de ballast, ce qui favorise la conservation des traverses.

Jusqu'ici ces chemins aériens n'ont transporté que des voyageurs, sauf un wagon spécial des postes. — On songe, toutefois sérieusement, à faire circuler des wagons de marchandises, au moins sur les deux lignes qui longent les deux bras de la rivière à l'est et au nord.

Au sujet de l'énorme mouvement de voyageurs qui a lieu sur ces lignes, nous ferons remarquer qu'il n'a pas nui sensiblement au trafic des tramways, ainsi que le montre le tableau suivant :

NOM DES RUES.	NOMBRE DES VOYAGEURS TRANSPORTÉS PAR TRAMWAYS.	
	avant	après
2e avenue	15.602.935	12.951.115
6e avenue	16.738.201	14.557.815

Le succès colossal de ces chemins est une réponse péremptoire aux esprits pessimistes qui les combattirent au début ; il faut toutefois reconnaître qu'une pareille disposition ne saurait convenir à notre grande cité : la fumée et le bruit des locomotives, le passage des viaducs tout près des maisons, seraient des conditions inacceptables à Paris.

Les ingénieurs de New-York s'étaient donné, comme principe, d'avoir des trains très fréquents avec un matériel très léger. Je crois qu'ils sont dans le vrai, car l'idéal serait d'avoir une sorte de noria dont un

godet serait toujours là pour embarquer le voyageur au moment de son arrivée. A New-York, on se rapproche beaucoup de cette théorie; car, à certains moments de la journée, il y a un train toutes les 45 secondes ; le temps de stationnement n'est que de 15 à 30 secondes; les locomotives remorquant de 2 à 4 voitures de 48 voyageurs chacune.

Mais, lorsque les viaducs se trouvent dans l'axe des grandes avenues, comme dans le cas figuré de la 3me avenue (pl. 89), où il y a 10 mètres entre le viaduc et les façades des maisons, les locataires n'ont pas lieu de se plaindre, car le bruit des trains se confond avec le bruit ordinaire de la rue. J'ajouterai qu'à New-York, les accidents sont à peu près nuls; on passe quelquefois une année entière sans un seul accident. Les voies sont faites avec beaucoup de soin; les rails sont munis de contre-rails et de patins de glissement pour le cas de rupture des roues ou des essieux. On peut affirmer qu'aujourd'hui les habitants, qui s'étaient opposés tout d'abord à la construction de ce chemin de fer, parce qu'ils y voyaient un grand préjudice porté à leurs intérêts, sont pour la plupart, ralliés complètement à ce Métropolitain; ils sont même fiers de la rapidité de leurs communications et du confortable de ces trains.

On continue toutefois à discuter la question de l'aspect : les uns regrettent encore, au point de vue esthétique, l'ancien état de choses; d'autres, au contraire, trouvent un charme nouveau à leur ville. Ce qu'il y a d'indiscutable, c'est que le commerce, loin de diminuer, a augmenté dans de grandes proportions, et que de plus, certains quartiers, qui se trouvaient déshérités, ont acquis, depuis l'installation de ces chemins aériens, une très grande valeur. Tout le monde est maintenant d'accord pour reconnaître que le problème a été résolu avec beaucoup d'habileté, et les gens d'affaire se demandent aujourd'hui comment ils pouvaient autrefois se passer de ce moyen de transport rapide, économique et confortable et il n'est mis en doute par aucun d'eux que la question n'ait trouvé à New-York, jusqu'à ce jour, la meilleure solution.

Philadelphie. — Je dois dire aussi quelques mots du Métropolitain de Philadelphie, qui est une ville de 850 000 âmes, placée sur les bords de la Delaware, où se trouve un port très commerçant. Elle se pique aussi d'être artistique et élégante; elle a fait, néanmoins, un chemin de fer aérien sur plate-forme. Il comporte huit voies de voyageurs et quatre voies de marchandises. On voit quelle largeur de

plate-forme exige une pareille disposition. Ce Métropolitain n'a que 2 735 mètres de longueur ; sa gare de départ est le point de jonction de six lignes de chemins de fer, qui, de là, traversent la ville pour se rendre sur les quais. Dans les voies plus étroites, les 12 lignes sont obligées de se réunir, et on passe successivement de 12 à 4, 9, 3, 5 et 8 voies. A certaines heures, il y a un train par deux minutes ; le mouvement est de 1 100 trains par jour dans la gare principale.

Nous nous demandons comment il n'y a pas d'accidents avec un pareil mouvement de trains, avec un système de voies exigeant une telle complication d'aiguillages, car, si la longueur totale de ce Métropolitain n'est que de 2 735 mètres, le développement des voies atteint 16 kilomètres, y compris les gares d'évitement. Mais la marche des trains est admirablement contrôlée par un système analogue au « Block system, » dont l'étude est due à l'ingénieur Cox. De place en place, s'élèvent des tours d'où les opérateurs, guidés par le télégraphe ou des signaux graphiques, manœuvrent une série de leviers, qui commandent eux-mêmes les aiguilles et les signaux de sûreté qui préviennent les mécaniciens des trains. En présence de la complication d'un semblable Métropolitain, et des résultats satisfaisants qu'il donne pourtant, on ne doit pas hésiter à adopter à Paris un arrangement qui comporte quelques aiguillages, et tel que celui que nous avons décrit plus haut.

Retour sur le Métropolitain de Paris. — Paris a, comme on le sait, une surface de 80 kilomètres carrés ; sur cette surface, la densité de la population est trois fois plus grande qu'à Londres. Paris est environné de lignes de chemin de fer admirablement établies, parfaitement installées, permettant à un voyageur de s'en aller dans toutes les parties de la France avec une vitesse qu'il n'y a pas à critiquer. Nous pouvons correspondre rapidement par lettre dans Paris et hors Paris ; le téléphone et le télégraphe nous permettent de communiquer comme si les distances n'existaient plus ; mais quand il s'agit de transporter notre personne, c'est tout autre chose, et la ville par excellence de la lumière et du progrès est, à cet égard, la plus mal desservie des capitales. Même ceux qui ont leur voiture ou qui prennent un fiacre, sont sujets aux ennuis des lenteurs d'une circulation trop dense : tantôt c'est le croisement de deux rues qui occasionne un encombrement de voitures ; tantôt c'est la file qu'il faut prendre et suivre

patiemment. Si on est réduit à monter dans un omnibus ou un tramway... Quel temps perdu !

On a cru bien faire en installant les tramways, pendant qu'à Londres on les empêche de pénétrer dans les quartiers populeux, où ils gênent la circulation, par suite de l'impossibilité où sont leurs véhicules de se mouvoir à droite ou à gauche de leur direction. D'autre part, leurs rails font subir aux voitures des chocs tels, qu'on a calculé à Vienne que les essieux durent aujourd'hui six fois moins qu'auparavant, et le reste de la voiture est traité à l'avenant. Eh bien, lorsqu'on compare ces moyens de locomotion, si primitifs et si insuffisants, à ce que l'on pourrait organiser aujourd'hui; lorsqu'on songe à cette force mécanique, si puissante et si bon marché, quand on l'applique habilement, on se demande comment on a encore, dans nos grandes cités, cette multitude de malheureux chevaux, absorbant notre oxygène et salissant nos rues, au point de rendre notre atmosphère si malsaine et si désagréable à l'odorat, surtout pendant l'été. J'espère, mais ce n'est peut être qu'un rêve, que les chevaux seront libérés aussi un jour, et qu'on les remplacera en grande partie, dans les villes, par des appareils mécaniques, plus puissants, plus dociles, plus agréables et plus économiques.

Cette insuffisance des moyens de transport à Paris a précisément pour conséquence immédiate cette grande densité de la population, si contraire aux lois de l'hygiène ; en effet, chacun s'efforce d'habiter dans le voisinage du centre, sinon il perd un temps énorme pour s'y rendre ; de là cet entassement, qui étonne les nouveaux venus à Paris, et cette parcimonie d'air, de lumière, d'espace dans la distribution des appartements, même de grand prix. Mais, si l'état présent offre déjà de légitimes inquiétudes, que faut-il attendre de l'avenir : les circonstances regrettables que nous traversons, qui font que l'agriculteur ne trouve plus à s'employer chez lui et le forcent à se réfugier à Paris où il espère trouver à vivre des miettes qui tombent des grandes tables luxueuses, ces circonstances, dis-je, qui ne feront que s'accentuer, développeront rapidement encore la population de Paris. Bien plus, des causes analogues continueront à nous amener, avec plus d'intensité encore, les déshérités du reste de l'Europe, qui considèrent notre capitale comme une colonie et y viennent chercher fortune, comme ils iraient en Amérique. Il faut donc aviser et penser à l'augmentation fatale de cette ville, si bien dotée sous le rapport du climat et des

facilités de la vie. Aussi, la question du Métropolitain s'impose plus que jamais. Ces considérations ne sont pas d'ailleurs nouvelles, il y a longtemps que les hommes spéciaux s'en préoccupent. En 1870, la question était déjà à l'ordre du jour, on nomma une commission d'études qui fut chargée de chercher quelle serait la méthode à employer pour exécuter le Métropolitain. Le premier point sur lequel cette commission tomba d'accord fut que le réseau de chemin de fer dans Paris aurait la voie normale et se relierait aux lignes extérieures, en prévision des exigences d'une guerre. Les projets, présentés depuis, furent en grande partie souterrains.

En 1875, le préfet de la Seine proposa de faire une gare centrale sous le jardin du Palais-Royal, se reliant souterrainement aux gares de ceinture. En 1876, M. Alphand voulut réaliser les mêmes plans, mais par l'intermédiaire des cinq grandes compagnies de chemin de fer, qui seraient chargées des travaux. Plus tard, les ingénieurs Letellier, Soulié et d'autres encore, proposaient un Métropolitain comportant divers souterrains. En 1876, le conseil municipal de Paris nomma une commission qui alla à Londres étudier la question.

MM. Cernesson et Deligny, les deux rapporteurs de la commission, donnèrent un avis favorable à la construction d'un Métropolitain souterrain ; ils proposaient un tracé de 32 000 mètres de longueur, comprenant, en résumé, trois lignes principales :

1° De la Bastille au bois de Boulogne et Neuilly, par les grands boulevards intérieurs, la rue de la Paix, les Tuileries, les Champs-Élysées, le Trocadéro, le bois de Boulogne et Neuilly ;

2° De la Bastille au Trocadéro, par le chemin de fer d'Orléans, les boulevards extérieurs, la gare Montparnasse, le Champ de Mars, le Trocadéro.

3° De la place de la République aux Champs-Élysées, par les gares de l'Est, du Nord et Saint-Lazare.

Le projet de l'ingénieur Soulié, que nous avons cité, fit à la même époque l'objet d'une demande en concession pour un réseau qui comprenait :

1° Une ligne de Saint-Cloud au chemin de fer de Vincennes et de Lyon. — 2° Une ligne des Halles centrales à la Chapelle. — 3° Une ligne de la Bastille à la place de l'Étoile, par la gare d'Orléans, de Sceaux, de Montparnasse et le Trocadéro. — 4° une ligne du square Cluny au pont de l'Alma. — 5° Une ligne du carrefour de l'Observa-

toire à la place de l'Étoile, par les gares d'Orléans, Montparnasse et le Trocadéro. — 6° Un raccordement des lignes 2 et 3, traversant la Seine.

Ce projet devait être souterrain du boulevard de Courcelles à la Bastille, aérien de la Bastille au Trocadéro, sur la rive gauche ; souterrain du Trocadéro à la place de l'Étoile ; souterrain du boulevard de Courcelles aux fortifications, dans la direction de Puteaux ou Saint-Cloud. La ligne transversale, franchissant la Seine, serait souterraine du boulevard Ornano à la Seine, traverserait le fleuve sur un pont et redeviendrait souterraine jusqu'à la gare de Sceaux.

Ce projet fut adopté par le conseil municipal ; puis, mis à l'enquête par le préfet de la Seine, il fut déclaré d'utilité publique.

Enfin, le conseil général de la Seine, donna, en 1883, un avis favorable. Mais lorsque l'affaire arriva au ministère, il se produisit une rivalité entre les deux pouvoirs, c'est-à-dire entre l'État et le conseil municipal. Celui-ci voulait retenir le Métropolitain comme étant de son ressort, tandis que l'État voulait le considérer comme un chemin de fer ordinaire, faisant l'objet d'une concession. La question fut soumise au conseil général des ponts et chaussées qui donna raison à l'État et le conseil d'État, à son tour, donna raison au conseil des ponts et chaussées ; de sorte, qu'à l'heure actuelle, le Métropolitain dépend de l'État et doit faire l'objet d'une concession.

Jusqu'ici, ce ne sont que les projets souterrains qui ont été préconisés, et qui ont trouvé à la fois des capitaux pour les construire et des hommes pour les mettre en avant. Les chemins aériens, il faut le dire, à ces mêmes époques où s'élaborèrent ces systèmes basés sur le souterrain, n'avaient pas acquis la perfection qu'ils ont aujourd'hui, et surtout la sanction de la pratique.

Ceux qui proposèrent des projets sont : en 1833, M. Flachat, comme nous le disions plus haut ; en 1855, un M. Telle, qui publia une brochure sur un chemin de fer aérien dans Paris, à établir au milieu des voies existantes. L'*Illustration* a publié, dans son numéro du 20 avril 1856, une vue de ce chemin de fer.

En 1868, un M. Ollivier fit breveter un chemin de fer qu'il installait au milieu des rues et comportant une disposition de tablier à voies superposées. En 1878, M. Vauthier, ingénieur et conseiller municipal, proposa un système mixte qui a été décrit dans les annales de notre Société ; néanmoins, je le rappellerai en quelques mots. Ce

système consiste à pratiquer sur l'allée centrale des boulevards extérieurs un chemin de fer, à deux voies, circulant sur viaduc généralement, et, quelquefois, en tranchée ou en tunnel. Ce chemin de fer suivrait aussi les quais sur viaduc métallique.

En 1881, parut le projet de M. Chrétien et celui de MM. Pochet et Lemoine : ils ont été étudiés tous les deux pour passer au milieu des grandes avenues; ils sont constitués par une poutre centrale posée sur des appuis et supportant à droite et à gauche une voie en porte à faux. M. Chrétien se sert, comme moteur, de l'électricité. Il emprunte les boulevards intérieurs sur toute leur longueur, passant ainsi devant l'Opéra. Enfin, M. Heuzé et M. Haag ont respectivement proposé des projets analogues, en ce sens qu'ils veulent créér à travers Paris une plate-forme surélevée portant les voies, sous laquelle M. Heuzé établirait un passage couvert à l'usage exclusif des piétons et M. Haag, des magasins. Deux rues latérales seraient créées le long du viaduc, comme dans le cas de Berlin. Ces projets résolvent la question d'une façon radicale ; ils entraîneraient à la démolition d'une quantité considérable d'immeubles et à des travaux de voierie d'une grande importance ; outre qu'ils exigent un temps assez long pour être établis, ils ne peuvent s'exécuter qu'avec les subventions de la ville et de l'État.

Enfin est arrivé le projet dont l'exposé précède cet appendice.

J'ai, en tout cas, l'avantage d'être dernier venu, et de profiter de l'expérience de mes prédécesseurs. Il est certain que la réussite du chemin de fer aérien à New-York est encourageante. D'autant plus que, depuis l'époque de sa mise en marche, les inconvénients qui proviennent du bruit peuvent être à peu près annulés, ainsi qu'on le voit par ce que nous avons déjà exposé ci-dessus dans un chapitre spécial.

Quant à l'aspect du viaduc du chemin de fer, c'est une question d'art et une question d'argent ; nous appellerons à notre aide, pour la résoudre, les plus habiles dessinateurs, décorateurs, sculpteurs et fondeurs de Paris, et il n'est pas douteux, qu'avec leur aide, nous n'arrivions à établir un viaduc aérien qui donnera satisfaction aux plus difficiles.

Comme dernier argument en faveur du projet exposé, on peut dire que, dans les conditions où il sera construit, s'il nuit à l'aspect d'une certaine longueur des voies qu'il suivra, il ornera les autres et, qu'en tout cas, son tracé, qui est de 30 kilomètres environ, n'est qu'une infime fraction de la longueur totale des rues de Paris dont les habi-

tants jouiront des bienfaits de ce nouveau système de transport : serait-il raisonnablement soutenable de sacrifier l'intérêt de la masse des Parisiens pour satisfaire le petit nombre de ceux qui croiraient avoir à se plaindre, et les raisons d'esthétique qu'ils font valoir peuvent-elles un instant contre-balancer, même en les admettant, l'immense compensation que chacun trouverait alors dans la rapidité, la sécurité, le bon marché et le confortable des voyages dans Paris : toutes les classes de la société ne profiteraient-elles pas, d'une façon ou d'une autre, de ce perfectionnement des moyens de transport ?

Enfin, je voudrais que l'ingénieur, dont un des plus beaux triomphes est certainement le chemin de fer, considérât comme une question d'amour-propre de sa part, de ne pas laisser cacher le Métropolitain sous terre, comme une chose dont on doit avoir honte. Le chemin de fer doit être notre gloire, et nous devons faire nos efforts pour que tout le monde devienne partisan des voies ferrées aériennes, car on peut les établir aujourd'hui de façon à les faire rivaliser d'élégance avec les plus somptueux monuments des villes ; notre chemin de fer n'aura-t-il pas en plus d'eux l'animation, c'est-à-dire la vie ! Selon nous, il faut que le Métropolitain de Paris soit aérien ou qu'il ne soit pas !

TABLE DES MATIÈRES

OBSÈQUES DE M. LOUIS RICHARD

ANCIEN PRÉSIDENT

Discours de M. Émile MULLER.

Je ne vois autour de la tombe de celui que nous regrettons que des amis créés par l'estime et la sympathie, car ses amis d'enfance sont, hélas ! devenus rares et sa famille peu nombreuse.

Tous, Messieurs, nous avons connu et apprécié la droiture de son caractère, sa délicatesse et sa probité. Son plus précieux legs à ses enfants est celui de sa réputation d'honnête homme, aimable, affable, indulgent et dont la loyauté innée lui permettait de revenir, sans fausse honte, sur des jugements que la vivacité de son caractère pouvait précipiter quelquefois.

Nous l'appellions tous, ce bon Richard, parce que nous connaissions tous, son cœur d'or et sa chaude amitié.

Permettez, Messieurs et Amis, à son camarade d'école, de 1841 à 1844, de rappeler ici, à son honneur, les étapes qu'il a parcourues pour conquérir, pas à pas, l'honorable situation qu'il occupait parmi les ingénieurs. Que cette vie de travail serve une fois de plus d'exemple à la jeunesse de nos Écoles, trop disposée à rechercher le succès immédiat sans passer par les épreuves.

Louis Richard est né à Paris, en 1821 ; son père, le plus honoré et le plus estimable des négociants, n'ayant pas les relations qui pouvaient guider son fils dans la carrière que ses études et ses goûts lui avaient fait choisir, comprit, à sa sortie de l'École centrale, que, pour devenir un véritable ingénieur, il fallait qu'il passât par l'expérience des chantiers. Il lui conseilla d'entrer comme simple piqueur dans la conduite des travaux du chemin de fer de l'Est, à Lagny. Richard n'hésita pas un instant à quitter Paris, sa chère famille et ses amis. Nous avions tous alors la convictien que, pour bien commander, il faut

savoir obéir. Que n'est-elle aujourd'hui celle de tous nos jeunes camarades. Son assiduité, sa conscience dans l'accomplissement de ses devoirs le firent bientôt remarquer, apprécier et monter en grade dans les postes qu'il occupa successivement à Vitry et à Lunéville.

Il passa ensuite, avec le titre enfin conquis d'ingénieur, à la Compagnie de l'Ouest qui l'envoya à Bernay, puis à Saint-Lô où il concourut à la construction de la ligne de Cherbourg.

C'est au chemin de fer des Charentes qu'il termina sa carrière d'activité avec le rang d'ingénieur en chef.

La Société des Ingénieurs civils lui décerna en 1876 sa plus haute récompense, en le nommant son Président.

Depuis cette époque, Richard s'est intéressé à diverses affaires d'industries et d'entreprises de chemin de fer, soit directement, soit à titre de conseil ou d'administrateur. Partout, notre excellent ami a laissé le souvenir de sa bonté et de sa loyauté. En 1878, il était membre du Jury de l'Exposition. Quand un groupe de nos camarades fonda la *Revue du Génie civil*, Richard fut un des premiers à s'y intéresser, surtout, me disait-il, parce qu'il voyait dans cette fondation, une œuvre digne du génie civil français et qui deviendrait une tribune accréditée et ouverte à tous les ingénieurs sans distinction d'origine. Il était membre du conseil.

C'est dans une mission en Tunisie, il y a dix mois, après un voyage en Grèce à titre d'ingénieur-conseil d'une société de chemin de fer, qu'il prit le germe de la maladie qui vient d'enlever cet ami à nos affections.

Que de fois ne nous a-t-il pas dit en souriant, car la mort ne l'effrayait pas : « Mon apparence de santé n'y fait rien, je le sens, je ne me remettrai pas. »

Le commencement de cette année parut cependant amener la guérison, mais, hélas! ce n'était qu'une trêve : le mal reprenait son cours, il y a trois semaines, après un léger refroidissement.

Même au moment d'une grande joie prochaine de famille, le mariage de son fils, ce pauvre cher ami ne s'est pas abandonné à l'illusion. Aux douces et affectueuses gronderies de son fils et de sa fille, il ne répondait qu'en secouant la tête pour affirmer sa conviction, qu'il sanctionna bientôt, en demandant lui-même une de ces dernières nuits, à remplir ses devoirs de chrétien.

Jeudi soir, ce bon Richard, après avoir écouté avec intérêt ce que je

lui disais de vous tous qui vous informiez de sa santé, me prit la main, m'attira à lui, m'embrassa et me dit : « Mon pauvre ami, c'est fini, adieu, et se reprenant en me serrant la main, non, non, au revoir ! » Il savait de longue date que sa foi est aussi la mienne.

Nous garderons, mon bon camarade, ton cher souvenir, celui d'un honnête homme qui n'eut que des amis, et ce sont ces souvenirs d'affectueuse estime qui seront pour ses enfants et sa famille la plus grande consolation dans leur chagrin.

Discours de M. de COMBEROUSSE.

Je viens dire à celui que nous regrettons un dernier adieu au nom de la Société des Ingénieurs civils, dont Louis Richard fut le Président élu en 1876.

D'autres amis, plus autorisés, vous ont retracé ou vous retraceront dans un instant les différentes étapes de sa carrière d'ingénieur, si laborieusement et si utilement remplie. Pour moi, je dois vous parler de cette année de présidence, qui compta dans la vie de notre collègue et de notre camarade.

Il fut heureux de se trouver à la tête de la Société qui représente en France le Génie civil libre et indépendant, sans distinction d'origine. Il se donna avec ardeur à ses nouvelles fonctions, et eut la satisfaction de voir l'œuvre à laquelle il se dévouait continuer à prospérer et à grandir sous sa direction.

Vif, passionné même, lorsque sa conviction l'entraînait, il ne conservait aucune rancune, il n'avait aucune arrière-pensée, après une discussion animée. Sa courtoisie, ses sentiments affables reprenaient immédiatement le dessus. On s'apercevait bien vite qu'il pensait à la vérité, et non pas à lui-même. C'est peut-être là une qualité assez rare aujourd'hui, et j'aime à la reconnaître et à la louer chez l'homme de bien qu'une mort prématurée nous enlève.

Lorsqu'il quitta le fauteuil, qu'il n'avait pas occupé sans honneur, il ne cessa pas pour cela de s'intéresser à nos travaux : il nous prouva

toujours son attachement, il nous apporta toujours le concours de ses lumières.

Dans la séance du 3 août 1883, il nous faisait encore une importante communication sur une question brûlante : celle du Métropolitain souterrain de Paris. Il déployait, contre ce projet dangereux, tout son esprit et toute sa sagacité d'ingénieur. Sa parole élégante se doublait d'humour, en rassemblant les objections de la science et du bon sens ; et je suis convaincu qu'il a, ce jour-là, porté une profonde conviction chez tous ses auditeurs. Cette dernière page, signée de lui, marquera dans nos annales.

Dans son discours d'installation à la présidence, le 7 janvier 1876, il témoignait sa reconnaissance à ses confrères avec effusion, et il leur rappelait le mot touchant prononcé par M. Faure dans les mêmes circonstances : « Merci, Messieurs, je mourrai ingénieur après avoir été Président de la Société des Ingénieurs civils ! »

Louis Richard a eu, comme son ancien maître, cette grande joie. Il a travaillé jusqu'à la fin, après avoir été un jour le premier parmi ses pairs. Ce couronnement n'a pas manqué à sa vie, qui le méritait. Mais a-t-on toujours ce qu'on mérite, et ne doit-on pas féliciter ceux qui ont obtenu avant de mourir le suffrage suprême et désintéressé de leurs confrères ?

Je m'arrête. La Société des Ingénieurs civils perd l'un de ses membres les plus honorés et les plus aimés, elle s'unit tout entière à sa famille pour le regretter avec amertume. Elle n'oubliera pas son ancien président, elle conservera le plus sympathique souvenir à l'homme excellent et à l'ingénieur distingué que je salue une dernière fois en son nom.

Discours de M. MAIRE.

Après le camarade d'école et le Président de la Société des Ingénieurs civils qui vous ont fait connaître, tous deux, la carrière si bien remplie de l'ami que nous pleurons aujourd'hui, les brillantes qualités qu'il possédait, les services distingués qui l'avaient désigné aux suf-

frages de ses collègues pour la présidence de la Société des Ingénieurs civils, je viens, au nom de ses collaborateurs des dernières années, vous donner un aperçu de ses derniers travaux, et apporter notre tribut de regrets à l'homme de bien enlevé à notre affection.

Richard, après avoir dirigé comme ingénieur en chef de la Compagnie des Charentes les travaux de construction de cet important réseau, racheté aujourd'hui par l'État, fut recherché par ses amis pour s'occuper de différentes affaires qui furent l'objet de ses préoccupations et de ses soins jusqu'à sa mort.

Il s'occupa d'abord de la construction et de l'exploitation des lignes de Pons à Royan et à la Tremblade, qui lui avaient été concédées à titre de chemin de fer d'intérêt local par le département de la Charente-Inférieure. Il fut assez heureux pour mener à bien cette entreprise et constituer la société avec des capitaux qui furent presque exclusivement souscrits par les propriétaires de ce département, pleins de confiance dans la bonne réputation qu'il s'était acquise par ses précédents travaux et son honorabilité.

Ce chemin de fer fut à plusieurs reprises l'objet de citations élogieuses de la part des membres du Parlement et recommandé dans les commissions, comme un type à suivre pour la construction des lignes de ce genre; réunissant aux conditions d'économies réalisées pendant la construction, celles d'une sage organisation pour l'exploitation.

Depuis plusieurs années déjà, Richard était également administrateur de la Compagnie des chemins de fer de Bone à Guelma et prolongements, dont le réseau se compose de 550 kilomètres en pleine exploitation tant en Algérie qu'en Tunisie. Il fit partie longtemps du comité de direction, et pendant toute la construction il fut un des membres les plus actifs et les plus dévoués de notre Société. Ses conseils, toujours très recherchés, étaient très appréciés et toujours suivis. Nous comptions beaucoup sur lui pour les nouveaux projets à l'étude, et le vide qu'il laisse parmi nous nous fera sentir longtemps la perte que nous laisse cette existence si prématurément brisée. Si le voyage qu'il fit en Tunisie, pour la Compagnie, au printemps dernier, et dont il revint assez souffrant, peut être la première cause du malheur qui nous frappe, nous pouvons dire que Richard est mort au champ d'honneur, au service de la science et de l'industrie.

Richard fut aussi chargé dans ces dernières années, par des maisons

françaises, d'une mission en Grèce, pour y étudier l'important réseau de chemins de fer dont elles sollicitaient la concession.

Enfin, Richard qui avait pris déjà une part si considérable, depuis sa sortie de l'École (promotion 1844), à la construction de nos grandes lignes de chemins de fer, voulut également, pour terminer sa carrière, s'occuper de l'intéressante question des chemins de fer économiques, à voie étroite, appelés à prendre un grand développement dans l'avenir. Il s'occupait tout particulièrement avec nous de l'exploitation des lignes du département de la Meuse, et recherchait la formule pratique pour arriver à rémunérer les capitaux engagés dans ces entreprises. Il était arrivé à des résultats inespérés et remarquables qui eussent fait, de sa part, l'objet de nouvelles et intéressantes communications sur ce sujet qui préoccupe beaucoup les ingénieurs chargés de ces services.

Ce dernier exposé vous montre la part brillante qu'a eue Richard dans le développement de l'industrie des chemins de fer, tant en France qu'à l'étranger, les services qu'il pouvait rendre encore et les brillantes qualités de l'homme de bien que nous perdons.

Il était en deux mots :

Un ingénieur distingué; un administrateur éclairé; un collègue bienveillant, dévoué, de relations parfaitement sûres; un camarade excellent, plein de sollicitude pour les jeunes qui sollicitaient son appui et ses conseils; un chrétien convaincu. Il laisse à ses enfants le plus bel héritage : le souvenir d'une vie de travail et de sacrifices, et des services qu'il a rendus.

Pour nous, qui, par nos rapports journaliers avec lui, avions pu apprécier la bonté de son cœur, la droiture de son caractère, la sincère et profonde affection qu'il nous témoignait, sa perte laisse un vide qui ne peut être comblé.

Adieu, cher ami, au nom de tous nos collègues et camarades.

NOTICE

SUR

M. CHARLES MANBY

PAR M. HENRI TRESCA.

Notre excellent confrère, M. Charles Manby, était né en 1804, dans le Staffordshire, mais, dès 1814, à l'âge de dix ans, il était envoyé au collège semi-militaire de Saint-Servan, en Bretagne, de sorte que nous pouvions presque le considérer comme un compatriote, au moins par le caractère de son éducation, qui se révélait chez lui à première vue.

Il commença ses études professionnelles aux usines de Harteley; puis, dans le cabinet de MM. Telford et Rennice, où il s'occupa, dès 1825, de la construction des machines oscillantes pour la marine, machines pour lesquelles son père Aaron Manby avait pris une patente en 1821. On sait qu'elles furent d'abord employées sur un petit bateau, construit à Dublin pour Wye Williams, avec les palettes articulées de John Oldham. L'apprentissage, on le voit, se faisait à bonne école, et ce fut encore Charles Manby qui construisit, sous la direction de son père, le premier navire en fer qui fit la traversée du détroit. Ce navire vint jusqu'à Paris, en pleine charge et sans transbordement, sous le commandement du célèbre marin qui est devenu sir Charles Napier, avec notre jeune Manby comme ingénieur.

Peu après, il fut appelé à Paris pour prendre part à la direction des usines de Charenton, primitivement établies pour l'exécution des fournitures métalliques nécessaires au développement de la première compagnie parisienne du gaz, sous la raison sociale Manby, Wilson, Henry et Cie ; mais ces ateliers se développèrent rapidement, et on y construisit bientôt, non seulement des bateaux pour le gouvernement français, mais une grande partie du matériel de nos nouvelles forges; il prit part au développement des usines du Creusot et, comme s'il eût été

destiné à rester en France, il fut chargé, par le gouvernement, de la construction de plusieurs de nos manufactures de tabac. Cependant, nous le trouvons en 1835, exerçant à Londres, à l'exemple de ses maîtres, la profession d'ingénieur civil, et s'occupant plus particulièrement des applications du système de chauffage et de ventilation, connu sous le nom de *système Price et Manby.*

Dès 1839, il était nommé secrétaire de l'institution des Ingénieurs civils de Londres, qui a tenu, à plusieurs reprises, à lui montrer toute sa reconnaissance, particulièrement lorsqu'il résigna ses fonctions en 1856, en faveur de M. James Forrest, mais en conservant la position de secrétaire honoraire, dans laquelle il lui a été permis de rendre les plus signalés services à ceux de nos jeunes confrères que nous lui avons si souvent adressés.

En même temps, M. Manby devenait le représentant officiel de Robert Stephenson et C[ie], de Newcastle, à Londres et partout ailleurs; en 1853, il avait été nommé membre de la Société royale.

On jugera de la situation qu'il occupait en Angleterre par ce simple trait, qui remonte à 1851 : c'est Manby qui émit le premier l'idée de la souscription du fonds de garantie destiné à l'exposition internationale, idée qu'il appuyait dès le lendemain par les offres qu'il avait déjà pu recueillir jusqu'à concurrence de 250 000 francs.

Possesseur de toutes les cartes et des documents y relatifs, il ne fut pas étranger aux préliminaires du canal de Suez, bien que, comme secrétaire de Stephenson, il partageât, dans une certaine mesure, les réserves du grand ingénieur anglais.

Dans ces dernières années, nos voisins voyaient surtout en Manby le créateur du corps de volontaires des ingénieurs et des chemins de fer, pour la défense nationale. Il en était resté, comme lieutenant-colonel, le chef respecté; mais si nous ne pouvons assez complètement apprécier en lui les mérites de ce genre, il restera pour nous comme le modèle de l'urbanité professionnelle, de l'homme des conseils utiles à donner aux jeunes ingénieurs, et d'une complaisance qui ne s'est jamais démentie en leur faveur, alors que nous devons nous accuser d'en avoir plus d'une fois abusé. A tous ces titres, nous lui devons et nous lui conserverons une place spéciale dans notre souvenir, comme à un ami ferme et loyal de notre Société des Ingénieurs civils.

NOTICE BIOGRAPHIQUE

SUR

GUSTAVE BRIDEL

PAR M. J. MEYER

Gustave Bridel, qui est mort à Berne le 3 décembre 1884, occupait le premier rang parmi les ingénieurs suisses. Sa carrière, de près de quarante ans dans les grandes entreprises et les travaux publics, a été des plus remarquables. Nous essayerons de la retracer dans les lignes qui vont suivre.

Bridel naquit à Bienne (canton de Berne), dont il était bourgeois, le 26 octobre 1826. En 1830, déjà, il perdit son père; il avait perdu sa mère avant. Il fut élevé par un parent. Jusqu'à l'âge de seize ans, il suivit les écoles publiques de Bienne, dont il fut toujours l'un des meilleurs élèves. Il eut de bonne heure un goût prononcé pour les mathématiques et les sciences techniques. Il passait ses moments de loisir dans la fabrique de son oncle, qui possédait une filature de coton.

Déjà, alors, il montra beaucoup de goût pour la mécanique, et construisit seul une petite locomotive, rapporte un de ses amis d'enfance.

Il alla ensuite continuer ses études à Genève, et fut reçu, en 1844, à l'École centrale des arts et manufactures de Paris. Pendant les trois années qu'il y passa, il fut toujours le premier de sa volée. Il en sortit, en 1847, à vingt et un ans, avec le diplôme d'ingénieur mécanicien portant la mention : « Type de la régularité, de l'ordre, de l'intelligence et du travail. — Nature remarquable sous tous les rapports pendant son séjour à l'école. »

Nous verrons combien ce brillant témoignage se confirma dans la suite de cette belle carrière.

Le 24 novembre 1847, il entra comme élève mécanicien au service de la compagnie des chemins de fer de l'Est. Pendant longtemps, il fit le service de conducteur de locomotives entre Paris et Strasbourg ; mais son avancement devait être rapide, et déjà, le 13 juillet 1849, il fut nommé inspecteur du matériel et de la traction. Il resta attaché à cette compagnie jusqu'en 1852. Il entra ensuite au service d'une grande entreprise de travaux publics, à Paris, sous la direction de M. Alexis Barrault, l'un de nos anciens collègues. Il était membre de la Société des Ingénieurs civils, depuis sa fondation en 1848.

M. Barrault fut si satisfait de ses services, qu'il lui confia la direction de la plus grande partie de la construction du Palais de l'Industrie, élevé aux Champs-Élysées pour l'exposition de 1855. C'était, pour l'époque, une construction grandiose et des plus importantes, hérissée de difficultés, et qui exigeait une homme de marque. Le jeune Bridel se montra tout à fait à la hauteur de la situation, et s'acquitta de sa tâche difficile à la satisfaction générale. Malgré ses occupations pratiques, Bridel s'occupait toujours de science. Il collabora avec Auguste Perdonnet, professeur à l'École centrale, Suisse d'origine comme lui, et son parent, à la rédaction d'un ouvrage qui fit époque : *Le Traité élémentaire des chemins de fer*. Perdonnet dit, dans sa préface, en parlant de la collaboration des ingénieurs des compagnies de chemins de fer à la rédaction de son ouvrage : « Il serait trop long de les citer ; mais nous devons des remerciements spéciaux à M. Gustave Bridel, ancien inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Est, et ingénieur en second du Palais de l'Industrie. Telle a été sa coopération à ce travail, qu'il aurait pu, s'il n'était aussi modeste que capable, revendiquer le droit de placer son nom avec le nôtre en tête de ce livre. »

Peu après l'achèvement du Palais de l'Industrie, Bridel retourna en Suisse. Ainsi qu'il le disait à plusieurs de ses amis, les grands travaux publics qu'on y projetait : la correction du Rhône, celle du Rhin, la correction des eaux du Jura, l'intéressaient tout particulièrement. Bridel vint s'établir à Yverdon, où il fonda, avec M. Bonzon, un atelier de construction, qu'il ne tarda pas à prendre à son propre compte, et dans lequel il construisit presque tous les ponts métalliques des lignes de l'Ouest-Suisse. Il commença aussi à s'y occuper d'études de correction de rivières.

En 1855, M. J. Staempli entra au Conseil fédéral, et s'occupa avec beaucoup de sollicitude des grandes questions d'utilité publique et, en particulier, de ces corrections de rivières. Il fut, par un ami commun, mis en relations avec Bridel, et il ne tarda pas à voir qu'il avait mis la main sur l'homme éminemment qualifié pour réaliser ses projets. Il le mit en relation avec M. La Nicca, ingénieur, l'auteur d'un des derniers projets pour la correction des eaux du Jura, lequel paraissait avoir le plus de chance de réalisation, et ils furent nommés tous deux experts fédéraux pour l'examen de cette question. Depuis 1860, cette question de la correction des eaux du Jura l'absorba complètement, et c'est en 1863 que le projet La Nicca-Bridel fit son apparition. C'est ce qui donna au projet primitif de M. La Nicca une forme plus pratiquement réalisable et qui servit de base à la constitution de cette vaste entreprise, consistant à abaisser le niveau des lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Morat, à corriger la Broye entre le lac de Morat et celui de Neuchâtel, la Thièle entre ceux de Neuchâtel et de Bienne; à diriger l'Aar, depuis Aarberg, dans le lac de Bienne, par un canal, avec une immense tranchée, pour l'y faire déposer ses galets; à ouvrir un canal unique à la sortie du lac de Bienne, pour les eaux de la Thièle et de l'Aar réunies. Le résultat de ces travaux divers devait être de rendre à la culture des surfaces immenses de marais existant dans ces régions, et à mettre des étendues non moins importantes à l'abri des inondations de l'Aar, soit 68 000 arpents, ou 245 kilomètres carrés.

De 1863 à 1868, Bridel déploya des efforts considérables pour amener la réussite de cette entreprise, ce qui eut lieu en 1868. Il fut appelé à diriger la partie la plus considérable des travaux, ceux situés sur le territoire bernois, et alla pour cela s'établir à Bienne.

Chacun se souvient avec quelle vigueur, avec quelle énergie et avec quelle connaissance complète il organisa de toutes pièces cette colossale entreprise et créa son important outillage de dragues, de bateaux-transport, d'élévateurs, etc., etc.; aussi, en 1873, lorsque la Compagnie du chemin de fer du Jura bernois l'appela à diriger les études et la construction de ses lignes, c'est-à-dire à terminer celle de Bienne à Tavannes et à la Chaux-de-Fonds, qui avait été commencée par M. Liardet, ingénieur, ancien élève aussi de l'École centrale, qui mourut à cette époque, et de construire les prolongements sur Délémont et Porrentruy et Délémont-Bâle, ses travaux de la correction des eaux du Jura étaient-ils si bien organisés, qu'il fut facile à ses collaborateurs et

en particulier à M. de Graffenried, qui lui succéda comme ingénieur en chef, et à M. Julien Chappuis, chargé du service du matériel, de suivre ces travaux et de les mener à bonne fin. Comme tout ce qu'il avait fait jusqu'alors, Bridel dirigea avec une habileté consommée ces travaux de chemins de fer. Cette ligne rencontra de grandes difficultés, surtout dans les gorges entre Court et Moutier, dans la vallée de la Birse, et à la traversée de la vallée du Doubs, près de Sainte-Ursanne. L'économie et la solidité étaient les principes dirigeants de Bridel. Lorsque cette dernière était en jeu, il n'épargnait pas. Il termina ces lignes en 1877 et, malgré ces nombreuses difficultés, il resta dans les limites des devis.

Les décomptes se prolongèrent jusqu'en 1879 et, en même temps, Bridel dirigea dans l'exploitation les services de la voie et de la traction et du matériel. En ce moment-là, la Compagnie du Gothard était en pleine crise financière ; en cours de construction, l'on avait constaté que les devis primitifs sur lesquels avait été basée la constitution financière de cette Compagnie seraient dépassés dans une forte proportion. Il s'agissait de reconstituer financièrement cette entreprise en diminuant ses dépenses et lui créant de nouvelles ressources.

Le Conseil fédéral appela Bridel à faire partie de la Commission d'experts chargée d'examiner les projets et devis et de formuler le programme des économies à faire. La confiance qu'inspirait Bridel fut certainement une des causes qui amena cette reconstitution financière et fit aboutir la nouvelle convention internationale entre l'Allemagne, l'Italie et la Suisse, par laquelle ces États accordèrent de nouvelles subventions à cette entreprise et qui en assura définitivement l'exécution. Aussi, dès que cette reconstitution fut assurée et que l'on put remettre la main à l'œuvre pour la construction, momentanément abandonnée, des lignes d'accès, on s'occupa de mettre à la tête de cette entreprise un homme qui fût complètement à la hauteur de la tâche. L'opinion publique désignait Bridel et le Conseil fédéral insista beaucoup sur ce choix, qui lui paraissait donner des garanties sérieuses que les devis ne seraient pas dépassés.

Bridel fut donc nommé ingénieur en chef de cette Compagnie en août 1879 et la ligne fut terminée en mai 1882, deux mois avant le délai de juillet 1882, fixé dans l'expertise de 1878, à laquelle Bridel prit la plus large part avec MM. Dapples et Koller. Le coût de ces travaux resta notablement en-dessous des prévisions des devis, et cepen-

dant, en raison de leur bonne exécution, de leur solidité, de leur aspect grandiose et des innombrables difficultés vaincues, ils font l'admiration du monde technique, et le mérite en revient à l'habile direction de Bridel et de ses collaborateurs.

Bridel fut nommé en 1882 par le Conseil fédéral membre du conseil de l'École polytechnique et, dans le peu de temps qu'il occupa ces fonctions, ses conseils et ses avis furent très précieux pour cet établissement.

Après avoir refusé les fonctions d'ingénieur en chef de la voie qui lui étaient offertes au Gothard, Bridel accepta celles de membre de la direction de la Compagnie du Jura-Berne-Lucerne à Berne. où il se retrouva avec plaisir au milieu d'amis et de collaborateurs qui l'estimaient et l'appréciaient. Il eut la direction des différents services de l'exploitation.

Mais il ne devait pas conserver longtemps cette nouvelle position.

En 1846, il avait eu une atteinte de fièvre typhoïde à la suite de laquelle il ressentit fréquemment des maux d'entrailles et, ces dernières années, il souffrait souvent de digestions difficiles qu'on attribua à cette première cause. Cependant, à la suite d'une cure de bains de mer au Tréport, qu'il fit dans l'été de 1884, il revint gai et dispos en se croyant remis. Dans le courant de l'automne, il souffrit de nouveau de son mal, mais il y eut une amélioration par suite d'un traitement médical. Une rechute, que l'on attribue à un refroidissement pris dans un voyage d'affaires, le força de s'aliter le 1er décembre. Il se sentit mieux vers le soir, mais son état ne tarda pas à s'aggraver, et le médecin appelé constata des symptômes de perforation dans l'intestin.

Trente-six heures après la perforation, le 3 décembre, il mourut sans avoir repris connaissance. L'autopsie révéla un abcès à la partie supérieure de l'intestin, près du pylore de l'estomac, dont le fond était aussi légèrement perforé.

L'émotion que causa la mort de cet excellent homme fut indescriptible, et il y fut pris de tous côtés une grande part.

Bridel laisse une veuve et trois enfants encore jeunes, tendrement aimés de leur époux et de leur père; nous pensons que tous les membres de la Société prendront part à la douleur de cette famille si cruellement éprouvée.

La Suisse perd en lui un de ses citoyens les plus distingués. Comme

ingénieur, Bridel y occupait le premier rang, et il était aussi très apprécié à l'étranger, surtout en France.

Peu d'hommes ont su, comme lui, allier à des connaissances théoriques aussi complètes une expérience pratique aussi grande. Dans le vaste domaine de la science technique et de l'industrie, aucune question ne lui était étrangère : il s'occupait avec une égale compétence des grands travaux publics, chemins de fer, correction de rivières, etc., que des questions mécaniques. Il était surtout très versé dans les questions hydrauliques.

C'était un travailleur infatigable et, rentré chez lui, après avoir passé toute la journée à son bureau, il employait ses soirées à s'occuper de travaux particuliers et surtout à répondre aux nombreuses demandes de renseignements ou de conseils qui lui étaient adressées, ce qu'il faisait toujours avec le plus grand dévouement et la plus grande complaisance.

Son caractère était d'une droiture absolue, énergique, mais en même temps aimable, dévoué, complaisant, d'un commerce des plus agréables et d'une modestie parfaite. Il était d'une grande franchise, disait à tout le monde ce qu'il pensait, mais il le disait toujours d'une manière aimable et sans jamais blesser. Toutes les personnes qui ont eu des relations avec lui ont dû l'aimer, et il était un des rares hommes qui n'ont aucun ennemi.

Il jouissait en Suisse d'une confiance absolue ; il a été souvent consulté par le gouvernement fédéral, par les gouvernements cantonaux et les administrations communales, qui toutes avaient recours à ses lumières lorsqu'il s'agissait des grands travaux qui se sont exécutés en Suisse dans ce dernier quart de siècle ; partout, on a apprécié ses conseils, suivi ses directions, et on s'en est bien trouvé.

Lausanne, 15 février 1885.

CHRONIQUE

Sommaire. — Expériences de consommation sur une machine marine. — Machines à air chaud. — Anciennes grues hydrauliques. — Frottements dans les grues à bras. — Transports à bon marché. — Vitesse des trains de chemins de fer. — Tramway du pont de Brooklyn.

Expériences de consommation sur une machine marine. — Il est extrêmement difficile de constater les quantités de combustible et surtout de vapeur correspondant à la production de l'unité de puissance dans les machines marines. La grandeur des appareils et la nature de leur service rendent les expériences de consommation à peu près impossibles à exécuter. Aussi se contente-t-on généralement de relever la consommation totale d'un parcours donné et de la rapporter à la puissance moyenne développée par l'appareil moteur, constatée sur un certain nombre de diagrammes d'indicateur.

Il est donc intéressant de faire connaître un essai plus complet fait aux États-Unis par MM. Sague et Adger sur la machine du steamer *City of Fall River* et publié dans le journal de l'Institut de Franklin.

Nous indiquerons d'abord l'intérêt tout spécial que présentait cet essai.

On sait que les steamers qui naviguent sur l'Hudson et sur les bras de mer qui avoisinent New-York, appartiennent à un type qui n'a pour ainsi dire reçu aucune modification depuis plus d'un demi-siècle ; les roues à aubes fixes sont mues par une machine unique à balancier supérieur et distribution par soupapes recevant la vapeur de chaudières à foyers intérieurs rectangulaires et gros tubes.

MM. Fletcher, constructeurs à New-York, ayant à construire un bateau pour la Old Colony Steamboat Company, proposèrent à celle-ci d'apporter des modifications de nature à mettre le nouveau steamer à la hauteur des progrès réalisés à peu près partout, modifications consistant dans l'emploi de roues à aubes articulées, d'une machine compound et de chaudières d'un meilleur modèle.

Une fois le bateau construit et mis en service, on résolut de faire des expériences aussi exactes que possible pour constater la consommation des machines, et ces expériences offrent ceci de particulièrement intéressant que, grâce à la disposition de la machine, il a été facile de faire fonctionner

celle-ci, tantôt comme machine compound, tantôt comme machine ordinaire et d'obtenir entre les deux modes de fonctionnement une comparaison dégagée des causes d'incertitude des comparaisons faites entre des machines différentes. Ces expériences ont été exécutées, comme nous l'avons dit en commençant, par MM. Sague et Adger, avec les conseils de notre collègue, le professeur Thurston.

Le *City of Fall River* est un navire en bois, doublé en cuivre, des dimensions suivantes :

Longueur à la flottaison en charge	79m 30
Longueur totale	83 26
Largeur à la flottaison	12 81
Largeur au pont, gardes comprises	22 26
Creux	5 49
Tirant d'eau à vide	2 82
Tirant d'eau en charge	3 66
Déplacement au tirant d'eau en charge	2 343 tonneaux.

La coque a la forme générale de celle des bateaux du même genre ; seulement les grandes fermes destinées à donner de la rigidité à la coque et qui s'élèvent à une grande hauteur au-dessus du pont, sont ici remplacées par des poutres à treillis de Howe, avec diagonales en fer, n'ayant pour hauteur que le creux de la coque et ne faisant par suite aucune saillie à l'extérieur.

Les roues ont 7m,780 de diamètre à l'extérieur des aubes ; celles-ci, au nombre de 12, ont 3m,050 de longueur et 1m,010 de hauteur. Les roues sont construites d'une manière très solide, à cause de la rencontre fréquente des glaces ; c'est cette circonstance qui avait toujours fait écarter jusqu'ici l'emploi des roues articulées.

La machine ressemble, comme nous l'avons dit, à la machine ordinaire des bateaux américains à roues ; seulement il y a deux cylindres, un petit et un grand, placés l'un devant l'autre, dans le plan longitudinal du bateau, le grand attaquant l'extrémité du balancier, et le petit un point du balancier situé aux deux tiers à partir de l'axe. La distribution se fait dans les deux cylindres par des soupapes équilibrées dont les tiges portent des bras d'équerre, actionnés par des cames à mouvement alternatif, auxquelles le mouvement est donné par un excentrique calé sur l'arbre à manivelles. Entre les deux cylindres, est un gros tuyau de communication formant réservoir intermédiaire. Sur ce tuyau est disposée une soupape qui ferme le passage à la vapeur venant du petit cylindre, ainsi qu'un branchement amenant la vapeur de la conduite d'arrivée des chaudières, de sorte qu'on peut à volonté faire arriver au grand cylindre la vapeur directement des chaudières. En démontant les bielles latérales qui réunissent la traverse de la tige du petit piston au balancier, on supprime l'effet du petit cylindre, et, en faisant arriver directement la vapeur au grand cylindre, on transforme la machine compound en machine ordinaire.

Il y a, au-dessous des cylindres, un condenseur à surface de forme rectangulaire contenant des tubes en cuivre étamé dans lesquels une pompe

centrifuge, mue par une petite machine à vapeur indépendante, refoule de l'eau à raison de 20 mètres cubes environ par minute.

Les cylindres n'ont pas d'enveloppes de vapeur, mais ils sont, ainsi que les boîtes à vapeur et les tuyaux, enveloppés de laine minérale, de bois et de tôle mince.

Voici les dimensions les plus intéressantes de cette machine :

Petit cylindre	Diamètre		1m 113
	Course		2 440
	Section des lumières par rapport à la section du piston	Admission	0 107
		Échappement	0 110
	Proportion moyenne de l'espace neutre		4 6 pour 100
	Diamètre de la tige du piston		0 165
Grand cylindre	Diamètre		1 720
	Course		3 660
	Section des lumières par rapport à la section du piston	Admission	0 071
		Échappement	0 073
	Proportion moyenne de l'espace neutre		3 05 pour 100
	Diamètre de la tige du piston		0 183
Rapport des volumes des cylindres			3 58
Proportion du réservoir intermédiaire au volume du petit cylindre			1 08
Surface de condensation			376 m²
Nombre des tubes			2 431
Diamètre —			19 mm
Longueur —			2m 745
Longueur du balancier			7 930
Hauteur —			3 810
Longueur de la bielle			8 760
Diamètre de l'arbre aux tourillons			0 417
Diamètre du bouton de manivelle			0 240
Hauteur de l'axe du balancier au-dessus des carlingues de la machine			12 150

Les chaudières sont au nombre de deux, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière de la machine ; elles sont du type tubulaire de Redfield, ayant chacune deux corps cylindriques en tôle d'acier Otis de 12,5 millimètres d'épaisseur ; les rivures longitudinales sont à double rangée de rivets. Ces chaudières peuvent supporter une pression de 7 kilogrammes par centimètre carré. Il y a deux foyers par chaudière, avec deux portes par foyer : il y a un surchauffeur autour de la cheminée, mais de dimensions modérées, pour sécher simplement la vapeur sans la surchauffer. Les chaudières fonctionnent avec tirage naturel.

Voici les éléments principaux :

Longueur d'une chaudière	4m 575
Largeur	5 337
Diamètre des corps cylindriques	2 277
Nombre de tubes de chacun	110
Diamètre des tubes	0m 088
Longueur —	3 660
Diamètre des cheminées	1 417
Surface de grille d'une chaudière	10m² 69
Surface de chauffe —	319
Rapport des deux chaudières	29
Poids de chaque chaudière	46 000 kilogr.
Volume d'eau avec 0m,30 de hauteur au-dessus des tubes	24 000

Les expériences ont été faites exclusivement pendant les traversées régulières exécutées par le navire entre New-York et Fall-River à l'aller et au retour; ces traversées avaient lieu pendant la nuit, et les expériences duraient de dix à douze heures, rien n'étant changé à la marche ordinaire et à la conduite de la machine.

L'installation la plus délicate était celle qui devait permettre le jaugeage de l'eau d'alimentation, Il aurait été impossible de disposer des réservoirs de grande capacité, et d'ailleurs leur usage aurait entraîné des difficultés de toute nature pendant la marche du navire, surtout par mauvais temps ; on se décida donc à employer des compteurs. Deux compteurs Worthington de 3 pouces, pouvant débiter chacun 500 litres par minute, furent placés sur les tuyaux d'alimentation des chaudières, avec interposition de réservoirs d'air pour empêcher les chocs causés par les pompes alimentaires à simple effet. Cette précaution eut un excellent résultat.

Les compteurs avaient été soigneusement vérifiés au préalable et, de plus, on avait disposé un moyen de les vérifier au cours des essais, à l'aide d'un petit robinet d'épreuve laissant couler l'eau dans un petit réservoir jaugé de quatre pieds cubes de capacité; il suffisait de constater si le remplissage de ce réservoir coïncidait avec les divisions du cadran du compteur. Dix ou douze vérifications ainsi faites au cours de chaque essai ont montré que les indications des compteurs étaient d'une exactitude très suffisante dans la pratique.

On relevait, à de fréquents intervalles, les volumes d'eau mesurés et la hauteur du niveau d'eau aux chaudières.

Le charbon était pesé dans des caisses et les pesées inscrites par deux observateurs indépendants dont les chiffres se contrôlaient l'un par l'autre.

Chaque demi-heure, on relevait des diagrammes sur chaque extrémité des deux cylindres avec des indicateurs Thompson et Tabor et on observait en même temps la pression aux chaudières et au réservoir intermédiaire, la hauteur du baromètre et du thermomètre et les nombres de tours du compteur. On notait également, à intervalles réguliers, la température des gaz dans les cheminées, et celle de l'eau de refroidissement à l'entrée et à la sortie du condenseur. La durée des essais était limitée à celle des parcours du navire en pleine route, de manière qu'on ne fût pas exposé à des arrêts de la machine. Le navire porte un appareil à gouverner à la vapeur, alimenté par les grandes chaudières, mais, comme la route suivie, une fois en dehors des passes, est droite et directe, on ne fait pour ainsi dire pas usage de cet appareil dans la durée des essais, et la petite quantité de vapeur consommée en dehors de la machine principale est tout à fait négligeable.

On n'a pas manqué de s'assurer d'un élément important, la quantité d'eau contenue dans la vapeur; on a employé l'essai au calorimètre ; les poids d'eau condensée étaient mesurés avec une romaine dont le levier était gradué en quarts d'onces, les températures étaient observées avec un ther-

momètre divisé en demi-degrés; ces divisions étant écartées de 3 millimètres, on pouvait facilement apprécier les quarts de degrés. La vapeur était prise sur la boîte à vapeur du petit cylindre avec un tube de 12 millimètres de diamètre. Les essais de cette nature étaient faits par des observateurs habitués à ces opérations; on notait sur des feuilles préparées à cet effet, les heures, les poids d'eau final et initial dans le calorimètre, les températures initiale et finale de l'eau, les pressions et les températures de la vapeur. Dans le calcul des résultats, on a tenu compte de l'absorption de chaleur par le calorimètre lui-même; de plus, comme on employait, pour plus de facilité, de l'eau de mer, on a admis 1/32 pour le degré de salure de l'eau, et 0,555 pour la chaleur spécifique du sel marin en dissolution. Avec ces données, 70 kilogrammes d'eau de mer équivalent à 68 785 kilogrammes d'eau douce.

Nous disons tout de suite pour n'y plus revenir que, dans la nuit du 9 mai 1883, il a été fait neuf essais donnant une proportion moyenne de 1,65 pour 100 d'eau dans la vapeur; les proportions extrêmes ont été + 5,4 pour 100 et — 1,49 pour 100; il y a eu deux valeurs négatives lesquelles indiquent au lieu d'humidité un léger degré de surchauffe.

Dans la nuit du 10 mai, sept essais ont donné une moyenne de 0,67 pour 100. Les extrêmes ont été + 3,67 et — 4,76; trois des essais ont indiqué de la surchauffe. La surface de surchauffe dans chaque chaudière était de 19 mètres carrés, correspondant à 6 pour 100 environ de la surface de chauffe en contact avec l'eau.

Les essais faits pour constater le rendement de l'appareil moteur se rapportent à deux ordres d'idées : la production de vapeur des chaudières par rapport au combustible brûlé sur les grilles et la dépense de vapeur de la machine pour l'unité de puissance développée.

Lorsqu'on fait un essai de chaudière pour déterminer la production de vapeur par kilogramme de combustible, on se préoccupe d'avoir les mêmes conditions de niveau d'eau, de pression, de chargement des grilles, etc., au commencement et à la fin de l'expérience; ces conditions sont relativement faciles à réaliser à terre, mais, dans un essai fait en service courant à bord d'un navire, on ne peut songer à opérer de cette manière et il est à peu près impossible de faire un essai de chaudière dans des conditions rigoureuses d'exactitude. On peut bien arriver à réaliser le même niveau d'eau dans les chaudières au commencement et à la fin de l'essai, ou à tenir compte de la différence, ainsi que de la différence de pression, mais la grande difficulté est l'état des feux; il est en effet tout à fait impossible de juger avec une approximation quelconque de la hauteur de la couche de combustible dans des foyers en pleine activité, n'offrant à l'œil, lorsqu'on ouvre les portes, qu'une masse éblouissante. Or, une hauteur de 10 centimètres de combustible sur les grilles correspond à environ 120 grammes de charbon par cheval et par heure; une erreur en plus ou en moins de cette importance n'est pas négligeable pour une machine économique.

On a essayé de tourner la difficulté en comptant le charbon dépensé pen-

dant une période assez longue pour que la quantité brûlée en stationnement, et dont on tenait compte d'ailleurs, ne fût qu'une très faible partie du tout ; il faut dire que le service du bateau était continu, l'arrivée dans un des ports ayant lieu le matin et le départ pour le retour le soir. On a pesé le charbon pendant une période de deux jours consécutifs. Dans le port on couvrait les feux et on ne les rechargeait que deux heures avant le départ. On notait les divers niveaux et pressions et on calculait les quantités de chaleur correspondant pour le métal des chaudières aux différences de pression de la vapeur aux divers moments.

On est arrivé, au moyen de ces hypothèses et après des calculs très laborieux, à dresser le tableau ci-après comprenant les résultats de trois voyages donnés séparément pour chacune des deux chaudières.

DÉSIGNATION DE LA CHAUDIÈRE	AVANT	ARRIÈRE	AVANT	ARRIÈRE	AVANT	ARRIÈRE
DATE DE L'ESSAI	4 MAI	4 MAI	9 MAI	9 MAI	10 MAI	10 MAI
Durée de l'essai en heures	13	13	12.5	12.5	12.5	12.5
Charbon brûlé . . . kil.	8572	9655	8287	10003	8238	9807
Cendres et résidus . . . kil.	1676	1552	1594	1452	1562	1587
Combustible net . . . kil.	6896	8103	6693	8551	6676	8220
Proportion de cendres	19.55	16.08	19.23	14.52	18.97	16.18
Poids total d'eau vaporisée . . . kil.	69810	83254	68429	82455	65409	79989
Pression moyenne de la vapeur . . . kil.	4 85	4.85	4.97	4.97	4.97	4.97
Hauteur moyenne du baromètre	0,776	0,776	0,776	0,776	0,772	0,772
Température moyenne de l'eau d'alimentation	39	38.5	36.2	36	36	36.5
Température moyenne de l'atmosphère	23.5	23 5	26.5	26.5	25	25
Température moyenne des gaz dans la cheminée	221.5	250	250	255	253	241
Charbon brûlé par heure et mètre carré de grille	61.66	69.44	61.97	74.47	61.59	73.39
Eau vaporisée à la température de l'alimentation par kilogramme de charbon	8.14	8 62	8.26	8.24	7.94	8.16
Eau vaporisée à la même température par kilogramme de combustible net	10.12	10.27	10.22	9.64	9.80	9.73
Eau vaporisée à 100° par kilogramme de combustible net	11.59	11.77	11.75	11.08	11.27	11 19

Si on prend un ordre de considérations moins scientifique, mais non moins important, la valeur commerciale de l'appareil, on se borne à compter la consommation totale de combustible, allumage et stationnements compris et on le divise par le nombre d'heures de marche de la machine et par le travail moyen relevé sur les diagrammes d'indicateur; c'est la manière de procéder habituelle. Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus ainsi dans quatre essais dont le dernier, celui du 7 juin, a été fait avec le petit cylindre dételé et la machine fonctionnant par conséquent comme machine ordinaire. C'est la consommation brute; on a la consommation nette en prenant le poids de charbon brûlé seulement pendant la marche régulière du navire et obtenu par la méthode approximative indiquée ci-dessus; les deux chiffres diffèrent comme on le voit de 7 à 9 pour 100.

DATES DES ESSAIS	B	C	D	E
	1 mai	9 mai	10 mai	7 juin
Température moyenne des gaz à la cheminée.	235	225	232	320
Charbon brut par cheval indiqué et par heure.	1k00	1k03	1k06	1k57
Charbon net par cheval indiqué et par heure.	0 93	0 95	0 97	

On voit que la machine fonctionnant sans le petit cylindre a dépensé environ un demi-kilogramme de plus par cheval et par heure qu'avec le fonctionnement compound ; pour onze heures de marche et 1600 chevaux indiqués, cela fait une différence de 10 tonnes par voyage, ou 20 tonnes pour aller et retour. Cet accroissement de consommation ne devrait peut-être pas être attribué tout entier à la différence du mode de fonctionnement, car la température plus élevée des gaz à la cheminée dans le second cas semblerait indiquer une moins bonne utilisation du combustible.

Nous reviendrons sur cette question en donnant les résultats des essais faits sur la machine elle-même.

(*A suivre.*)

Machines à air chaud. Dans plusieurs grandes villes des États-Unis, la pression de l'eau dans les conduites est souvent insuffisante pour desservir les étages supérieurs des maisons et on emploie des pompes mues par des machines caloriques du type Ericsson. Ce type est trop connu pour avoir besoin d'être décrit; il suffit de rappeler que la dilatation produite par l'échauffement de l'air produit la course ascendante du piston et que le retour a lieu par l'effet du volant et par la contraction de l'air.

L'*American Engineer* dit qu'il n'a jamais été fait, à sa connaissance, d'expériences de consommation sur ces machines, mais que, comme elles sont très répandues, on peut donner confiance aux chiffres indiqués par les constructeurs, la *Ericsson pumping Company*, lesquels n'auraient pas manqué d'être contestés s'il y avait eu lieu. Ces chiffres, ce qui est d'un bon exemple, ne consistent pas seulement dans le poids de combustible brûlé, ils indiquent également les éléments de dépense provenant du graissage, de l'intérêt, de l'entretien et de la dépréciation; on ne compte pas de frais de main-d'œuvre, ces machines n'exigeant pas de personnel spécial pour leur conduite.

Le tableau ci-dessous donne ces indications; on voit que ce genre de moteurs est de nature à rendre des services dans bien des cas.

Volume élevé par heure à 15 mètres.	Equivalent en chevaux effectifs.	DÉPENSE PAR HEURE					Dépenses correspondant à un cheval par heure.
		Intérêt à 5 0/0 l'an.	Réparations et dépréciation à 5 0 0 l'an.	Charbon à 28 fr. la tonne.	Graissage.	Total.	
litres.	cheval.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
760	0,042	0,017	0,017	0,032	0,0025	0,068	1,60
1,330	0,075	0,022	0,022	0,042	0.0025	0,088	1,20
3,040	0,169	0,028	0,028	0,075	0,003	0,134	0,80
6,080	0,338	0,043	0,043	0,15	0,005	0,24	0,70

Les chiffres du tableau se rapportent à un travail de huit heures par jour. Le document auquel nous les empruntons ne donnant pas le prix des machines, on peut l'obtenir d'une manière assez approximative en multipliant les chiffres des colonnes 3 et 4 par un facteur ainsi composé :

$$8 \times 25 \times 12 \times 20 = 48\,000$$

ce qui donne pour les quatre types de moteurs les prix de 816, 1056, 1344 et 2064 francs. Ces prix paraissent élevés; il est vrai que la pompe est comprise dans l'appareil.

D'après le même tableau, on peut évaluer la dépense de combustible correspondant à un cheval par heure; on trouverait respectivement 27, 20, 16 et 15 kilogrammes, ce qui paraît très élevé, même pour des moteurs de si faible puissance.

Anciennes grues hydrauliques. Au sujet d'une communication faite en 1877 à l'*Institution of Civil Engineers* sur la transmission de la force à distance, par M. H. Robinson, M. E. A. Cowper a rappelé que c'est à Bramah, le premier constructeur de la presse hydraulique, au moins sous

sa forme pratique, qu'est due l'application de la pression hydraulique à la transmission de la force à distance, notamment pour la mise en mouvement des grues. En effet Bramah écrivait en novembre 1802 à Robert Mallet une lettre contenant le passage très significatif qui suit : « Je pense qu'on pourrait faire de nombreuses applications de la presse hydraulique en Irlande, si l'excellence du principe était connue; je l'ai employée avec les effets les plus surprenants pour des grues de toute espèce destinées à manutentionner les marchandises dans les entrepôts. Le succès a été si complet que je m'engagerais à installer une machine à vapeur à un endroit quelconque de Dublin et à envoyer de là la force à toutes les grues sur les quais et ailleurs, de manière à faire le chargement et le déchargement des marchandises au tiers du prix payé actuellement. La transmission se fait par une simple conduite, comme celles qui fournissent de l'eau aux maisons. J'ai chez moi une grue qui fait l'étonnement de tous ceux qui la voient fonctionner, car elle monte et descend des marchandises quinze à vingt fois par minute à 6 ou 7 mètres de hauteur; sans que personne, à moins d'être au fait, puisse découvrir de quelle manière elle est mise en mouvement.

J'ai également des pompes à élever l'eau et une machine à réduire le bois en poudre qui marchent sans qu'on aperçoive le moteur. Je voudrais prendre l'entreprise de toutes les grues des entrepôts de Londres, ce qui serait l'installation mécanique la plus grandiose qu'on ait jamais faite. »

La première installation de grue hydraulique faite par M. Armstrong remonte à 1846 seulement, mais c'est à cet ingénieur que l'on doit l'invention de l'accumulateur.

Du reste la question de la priorité de Bramah a de nouveau été traitée récemment à l'occasion d'une communication faite à la *Society of Arts*, le 14 janvier de cette année, par M. Tweddell, l'inventeur bien connu de la riveuse à pression hydraulique, lequel a cité une patente de Bramah n° 3611 (1812), rédigée en termes réellement curieux.

Frottements dans les grues à bras. M. H. Adams, dans une conférence faite au *City of London College*, donne quelques renseignements sur la question des frottements dans les grues à bras. Les expériences faites sur ce sujet sont peu nombreuses et insuffisantes. Le rendement de ce genre d'appareils peut être estimé de 0,50 à 0,75; on peut admettre une moyenne de 0,70 pour un appareil d'une bonne disposition et en bon état.

Un ouvrier ordinaire n'exerce pas un effort supérieur à 5 à 6 kilogrammes sur la manivelle pour la moyenne d'un tour, tandis qu'un homme habitué au travail des grues peut exercer un effort de 6.5 à 7 kilogrammes à la vitesse de 1^{m},10 par seconde; c'est donc de 7,1 à 7,7 kilogrammètres par seconde; ce travail, qui peut être exercé pendant plusieurs heures, est supérieur à celui que donnent la plupart des auteurs et qui est de 5 à 6 kilogrammètres par seconde pour huit heures de travail, comme nous l'avons indiqué plus haut.

On peut admettre, d'après l'auteur, dans l'étude d'une grue, qu'un

homme élève 1 000 kilogrammes avec une multiplication de force de 150; l'effort exercé sur la manivelle est de $6^k,66$; si les frottements sont supposés équivalents à 3 kilogrammes, l'effort total est de 9,66, à la vitesse de $2^m,20$ par seconde ; c'est un travail de 21 kilogrammètres. Le maximum d'effort qu'un homme habitué à ce genre de travail peut exercer pendant une durée maxima de cinq minutes est de 13,5 kilogrammes à la vitesse de $3^m,30$, ce qui fait 44,5 kilogrammètres, soit les *six dixièmes* d'un cheval-vapeur.

Ces chiffres paraissent au premier abord très élevés et ont été probablement observés sur des sujets d'une vigueur exceptionnelle, comparable à celle des chevaux de brasseur, dont le travail a servi de point de départ pour la détermination de la valeur du cheval-vapeur ; nous allons revenir sur ce sujet.

M. Adams emploie les formules suivantes pour les relations entre les divers éléments des grues à bras.

Si on désigne par

M le facteur de multiplication de l'effort,

F les frottements de la transmission à vide,

f les frottements additionnels dus à la charge,

W la charge à élever,

P l'effort à exercer pour élever la charge W,

E le rendement de la grue avec diverses charges et multiplications de l'effort,

On a :

$$F = \frac{\sqrt{M}}{5} \qquad f = \frac{W}{50\sqrt{M}}$$

$$P = F + f + \frac{W}{M} \qquad E = \frac{W}{MP}$$

Au sujet des chiffres indiqués plus haut pour l'effort exercé par des hommes habitués au travail des grues, nous rappellerons les résultats des expériences faites, il y a une quarantaine d'années, par M. Joshua Field, ancien président de l'*Institution of civil Engineers*, et rapportées par Joseph Glynn, dans son ouvrage bien connu : *Construction of Cranes and Machinery*.

Alors qu'un ouvrier a pu exercer pendant 2 1/4 minutes un effort de 6,8 kilogrammes à la manivelle, accomplissant un travail de 26,5 kilogrammètres par seconde, un Irlandais très vigoureux a pu, au prix, il est vrai, d'une fatigue excessive, faire un effort de 15,85 kilogrammes sur la manivelle pendant 132 secondes, et réaliser ainsi un travail de 63 kilogrammètres par seconde. Ces chiffres sont intéressants en ce qu'ils indiquent quel est le parti qu'on peut tirer de la force musculaire de l'homme pendant un temps très court.

Transports à bon marché. — La Société a reçu de M. J.-S. Bald-

win, de Newark (New-Jersey), une brochure sur un nouveau système de transports au moyen duquel l'auteur prétend transporter certaines marchandises en quantités suffisantes et sur de longs parcours, à raison de *un quart de centime par tonne et par kilomètre*, soit le plus bas fret maritime.

L'auteur expose, au début de sa brochure, que celle-ci est le résumé de l'étude prolongée et approfondie d'un des plus importants problèmes de notre époque; il croit qu'elle peut subir l'épreuve d'une critique loyale et intelligente. L'invention est mise dans le domaine public et l'auteur n'en attend aucun profit personnel; il demande seulement la coopération de tous ceux qui désirent voir le projet soumis à un essai sérieux et concluant et recevra avec reconnaissance toutes les communications qu'on voudra bien lui adresser.

M. Baldwin a cru devoir donner à sa brochure la forme d'un dialogue entre l'auteur du projet et une personne qui s'intéresse à la question des transports à bon marché; cette forme insolite n'est pas de nature à faciliter l'étude du système; nous allons néanmoins en indiquer les points les plus importants, autant qu'on peut le faire en l'absence des figures qui accompagnent la brochure en question.

Le but proposé est le transport des grains, combustibles, minerais, etc., en vrac, des fourrages, cotons et matières analogues en balles, de toutes les marchandises emballées et, avec des dispositions spéciales, de tout objet n'ayant pas plus de $0^m,90$ de largeur, $1^m,50$ de hauteur et 9 mètres de longueur et ne pesant pas plus de 10 à 12 tonnes. Il n'y a d'exceptés que les bois en grume de grande longueur, les pierres de grandes dimensions, les grosses pièces de machines, le bétail vivant et les matières inflammables, notamment les huiles minérales, ce qui ne représenterait guère, d'après l'auteur, que 30 pour 100 des marchandises transportées actuellement par les chemins de fer. Il resterait donc 70 pour 100 du trafic auquel pourrait s'appliquer la nouveau système.

Ce système est, comme le définit M. Baldwin, un *chemin de fer renversé*. Sur des traverses métalliques reposent deux longrines en fers à rebords, portant les paliers des axes de galets écartés d'environ $0^m,60$; les traverses font partie de cadres rectangulaires, avec jambes de force obliques, ayant à peu près $1^m,50$ de largeur sur 2 mètres de hauteur. Ces cadres supportent une toiture continue et forment une sorte de coffre à jour, dans lequel circulent les trains. A la partie supérieure des montants verticaux, sont disposés des galets à axe vertical pour empêcher le véhicule de se déverser.

Le train ne comporte qu'un véhicule, lequel a à la partie inférieure une sorte de quille, qui porte sur les galets mentionnés plus haut. Ce véhicule, à section rectangulaire, a $1^m,25$ de largeur et $1^m,50$ de hauteur; quant à sa longueur, elle est de 915 mètres (3 000 pieds); on verra tout à l'heure dans quel but; il pèse 1 350 tonnes en charge.

L'auteur admet dans son tracé des courbes de 120 mètres; la quille, qui a 25 millimètres d'épaisseur, se courbera sans difficulté, et, quant aux parois verticales du véhicule, il les fait en tôle ondulée; il ne voit donc pas

de difficultés de ce côté. Le véhicule est ouvert par le haut, puisque la voie est couverte dans toute sa longueur. Le mouvement est donné par des machines fixes qui actionnent une chaîne sans fin, portant des saillies ou dents, lesquelles s'engrènent avec des dents ou saillies correspondantes, ménagées sur la quille du véhicule. Ces machines fixes sont établies à une distance de 800 mètres les unes des autres, de manière que chacune agisse successivement sur le véhicule. On comprend dès lors pourquoi l'auteur a été amené, pour ne pas trop multiplier ces machines déjà si nombreuses, à donner à son véhicule une longueur de près d'un kilomètre.

Voilà quelle est l'idée première; nous ne parlerons pas des changements de voie, des ponts, tunnels, systèmes de chargement et de déchargement, longuement décrits dans la brochure qui n'a pas moins de 30 pages d'un texte extrêmement fin. Nous dirons seulement quelques mots des éléments indiqués pour le prix de revient du transport.

Le prix d'établissement est compté à 400000 francs par kilomètre, ce qui, à 4 pour 100 d'intérêt par an et 300 jours seulement, fait 83 francs par jour. Avec une station et un quart par kilomètre (deux par mille), deux hommes et un gamin à chacune et trois équipes semblables, on dépensera en salaires 80 francs par jour et par kilomètre. Les machines fourniront chacune 190 chevaux, ce qui est suffisant pour des inclinaisons maxima de 4 millièmes; on brûlera 8 tonnes de charbon par 24 heures pour un kilomètre, soit, avec du combustible inférieur très suffisant pour des machines de ce genre, 56 francs par jour; on comptera 15 francs par jour pour le graissage, et, pour la dépréciation, 100 francs par jour et par kilomètre. Cela fait un total de 334 francs.

Il est vrai que, pour faire la contre-partie de ces dépenses, l'auteur admet qu'il passera sur chaque kilomètre 111 tonnes par minute, soit 6660 par heure ou 160000 par jour, ce qui fait à peu près un cinquième de centime par tonne et par kilomètre.

A côté de ces lignes à grand trafic, l'auteur décrit également des lignes de dimensions plus modestes et pour un trafic plus restreint.

Sans insister plus qu'il ne convient sur l'originalité de ces dispositions, qui sont peut-être susceptibles d'application pour certains cas particuliers, nous rappellerons que l'établissement de chemins de fer spéciaux de grande longueur, destinés exclusivement au transport d'énormes masses de la même marchandise, commence à être étudié très sérieusement. Nous avons indiqué dans la Chronique de novembre 1884, page 513, une étude faite par M. Von Borries sur un chemin de fer de ce genre, ayant pour objet le transport des houilles de Westphalie jusqu'à la mer du Nord et devant réduire le prix du transport à un taux inférieur à celui de la navigation intérieure.

Vitesse des trains de chemins de fer. Nous avons, dans la Chronique de mai 1883, page 733, donné quelques indications sur les vitesses maxima atteintes par les trains de chemins de fer en Angleterre et aux États-Unis. Nous trouvons de nouveaux renseignements sur cette ques-

tion dans une communication faite en décembre dernier à l'Institut de Franklin, par M. W. Barnet Le Van.

L'auteur rappelle que lorsque Oliver Evans fit, dans les premières années du siècle, l'essai d'une voiture à vapeur dans les rues de Philadelphie, il annonçait qu'on pourrait un jour partir de Washington le matin, déjeuner à Baltimore, dîner à Philadelphie et souper à New-York. Il y a longtemps que cette prophétie a été réalisée.

M. Barnet Le Van donne quelques chiffres sur les trains les plus rapides des chemins de fer anglais, dont le plus célèbre est celui du Great-Western, qu'on désigne sous le surnom de *Voltigeur hollandais*, et qui met une heure et 27 minutes pour parcourir les 124 kilomètres de distance entre la gare de Paddington et Swindon, ce qui représente une vitesse de 86 kilomètres à l'heure. Il y a vingt ans que ce train existe à cette vitesse.

L'express du Great-Northern, entre Grantham et Wakefield, fait les 113 kilomètres en 78 minutes, ce qui donne une vitesse de 87 kilomètres à l'heure, presque identique à la précédente; on observe encore une vitesse de très peu inférieure sur les trains du Manchester-Sheffield and Lincolnshire entre Manchester et Warrington.

Les trains les plus rapides aux États-Unis sont actuellement ceux du Baltimore and Ohio entre Baltimore et Washington, qui mettent 45 minutes pour faire 64,5 kilomètres, soit une vitesse de 86 kilomètres à l'heure, égale sensiblement à celle des trains les plus rapides des chemins de fer anglais. Sur la ligne de Bound-Brook, les 43,5 kilomètres entre Trenton junction et Bound-Brook sont franchis en 31 minutes, ce qui fait 84 kilomètres à l'heure; le Pensylvania Railroad a, entre Germantown junction et Jersey-City, un train qui marche à raison de 80 kilomètres à l'heure malgré les 90 courbes qui existent sur le trajet.

Ces vitesses ne sont réalisées que sur des parcours relativement courts. Pour les grandes distances ce serait le Pensylvania Railroad qui posséderait le train le plus rapide du monde entier. Le *Chicago limited* parcourt 1468 kilomètres en 26 heures et demie, y compris 66 minutes d'arrêts, ce qui donne une vitesse moyenne de 58,3 kilomètres à l'heure. Ce train est installé de la manière la plus luxueuse.

Tramway du pont de Brooklyn. — Une note publiée dans le *Railroad Gazette*, indique que la consommation moyenne de combustible des machines fixes qui desservent le tramway à câble du pont de Brooklyn est de 6 tonnes par jour. Le câble a 38 millimètres de diamètre, 3492 mètres de longueur et pèse 18154 kilogrammes, soit 5k,20 le mètre courant. Il se meut à la vitesse de 16 kilomètres à l'heure pendant 20 heures par jour avec une charge de 10 à 20 cars pesant chacun 10 tonnes. Le nombre total de voyages de cars par jour est de 1200.

Le travail pour mettre en mouvement le câble et les transmissions à vide est de 35 chevaux; ce travail représente un effort de traction sur le câble de 594 kilogrammes, soit 33 kilogrammes par tonne de poids du câble.

Si on admet une résistance de $2^k,72$ (6 livres) par tonne pour les voitures, et si on ne tient pas compte de la gravité, puisque les cars montant et descendant s'équilibrent, le travail moyen dû à la traction des cars est de 25 chevaux, soit un total de 60. Il en résulte, dit le journal américain, que la consommation des machines ne serait que de $0^k,620$ par cheval et par heure. On peut, sans connaître le système des machines, déclarer que cette consommation est inadmissible ; il faut donc conclure que la résistance admise pour les cars est de beaucoup exagérée, surtout si on tient compte de ce fait : que leur poids avec l'affluence des voyageurs dépasse notablement le poids de 10 tonnes indiqué plus haut.

Il y a là une singulière erreur de calcul ; le point de départ, s'il est exact, conduit à une dépense de 4,5 kilogrammes, et non $0^k,62$, par cheval et par heure. Les conclusions précédentes devraient donc être entièrement changées de sens. Il est bon de signaler le fait parce que l'article en question a déjà été reproduit par nombre de journaux anglais et américains et que les partisans de la traction par câble ne manqueront pas d'invoquer cet exemple pour ajouter l'économie aux autres avantages plus réels de ce système. Il est facile de voir d'ailleurs, que pour 1 200 parcours de cars à 1 700 mètres, la dépense de 6 tonnes par jour fait ressortir la consommation par car kilométrique à $2^k,66$, et par tonne kilométrique $0^{kg},266$, ce qui n'indique aucune supériorité sur les autres modes de traction au point de vue de la dépense de combustible.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1884.

Rapport de M. Tresca sur un **Système de tige de suspension à arrêt automatique,** de M. Jacquet.

Ce système qui s'applique notamment aux tiges de suspension des appareils d'éclairage, des règles de métrage, etc., est fondé sur un principe analogue à celui de l'encliquetage Saladin. Le tube intérieur mobile est muni d'une bague plate articulée d'une manière quelconque qui, lorsqu'elle est libre, forme frein sur la paroi cylindrique du tube extérieur et empêche

tout déplacement ; il suffit de la dégager au moyen d'un cordon de tirage ou de dispositions analogues pour permettre le mouvement.

Les applications ont été faites à l'éclairage au gaz et les appareils sont d'un agencement très simple et très pratique.

Rapport de M. DE LABOULAYE sur la **Grammaire de la composition**, ouvrage offert par M. TOUREAUX, de Chartres.

Il s'agit d'un ouvrage d'enseignement professionnel à l'usage des compositeurs d'imprimerie.

Rapport de M. ROUSSELLE sur un **Nouveau système de lits pliants**, présenté par M. ANQUETIN, fabricant de literie.

Notice nécrologique sur **M. Bertin**, ancien professeur de physique à la Faculté des sciences de Strasbourg, sous-directeur de l'École normale, par M. MASCART.

Notice sur **M. Eugène Bourdon**, par M. H. TRESCA. Cette notice a été lue à la Société des Ingénieurs civils dans la séance du 3 octobre 1884.

Notice sur **M. Marcel Vetillart.**

Note de MM. RENARD et KREBS sur **Un aérostat dirigeable**. Cette note a été présentée à l'Académie des sciences par M. Hervé-Mangon, dans la séance du 18 août 1884.

Introduction à l'étude des principes scientifiques de l'agriculture, par M. Joseph-Henry Gilbert.

Fabrication de la soude. (Note extraite du *Journal of the chemical industry.*)

Décomposition des ciments par l'eau.

Détermination de l'indigo.

DÉCEMBRE 1884.

Séance générale du 26 décembre 1884.

Notice sur **J.-B. Dumas**, président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, par M. CH. DE LABOULAYE.

État financier de la Société.

Prix et médailles décernés.

Notices industrielles.

Essais d'indigo dans les tissus colorés.

De la cire végétale.

Réactif nouveau de la soude, de l'ammoniaque et de la lithine.

Essais d'huiles minérales russes.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

DÉCEMBRE 1884.

Les tarifs des chemins de fer de l'État en Autriche, par M. CH. BAUM, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'État autrichien, qui avait à l'origine construit un assez grand nombre de lignes de chemins de fer, les avait ensuite concédées à deux sociétés : la Société autrichienne des chemins de fer de l'État et la Société des chemins de fer du sud de l'Autriche.

Depuis quelques années il a racheté un certain nombre de lignes: chemins de fer Élisabeth, François-Joseph, Prague-Dux, Dux-Bodenbach, Archiduc-Rodolphe, etc., et a construit d'autres lignes de chemin de fer, de sorte qu'il se trouve de nouveau en possession d'un réseau de plus de 4 000 kilomètres, desservant l'ouest et une partie du nord-ouest de la monarchie, réseau dont le rôle est prépondérant dans les questions concernant les exportations ou les importations de l'Autriche-Hongrie, en destination ou provenance des ports de l'Allemagne du Nord, de la Belgique et de la Hollande.

Il est donc très intéressant d'étudier le système de tarifs adopté sur ce réseau, système qui est évidemment appelé à avoir plus tard une application générale en Autriche.

M. Baum passe en revue, d'abord les tarifs des voyageurs, bagages, etc., puis les tarifs de marchandises transportées en grande et petite vitesse; il examine les conditions d'application de ces tarifs et en fait l'analyse critique, en ajoutant quelques considérations sur les conditions spéciales et le caractère de la responsabilité et de la garantie des chemins de fer autrichiens en matière de transport.

L'auteur conclut que l'État autrichien a suivi en matière de tarification la voie la plus rationnelle et a mis en vigueur le système de tarifs le plus favorable au développement de la production industrielle et à l'amélioration de la situation économique des régions de l'empire desservies par le réseau de l'État.

Au lieu de chercher un système nouveau de tarification et de se livrer à des essais et des tâtonnements qui eussent risqué de compromettre, peut-être sérieusement, les résultats financiers de l'exploitation d'un réseau aussi important, il a eu le sens pratique de profiter des enseignements qu'une expérience de plus de vingt-cinq ans avait donnés aux compagnies de chemins de fer autrichiennes; il a pris comme base de ses tarifs le tarif général uniforme adopté par toutes les compagnies austro-hongroises, moins la Compagnie du sud de l'Autriche. Il s'est contenté de faire subir quelques déclassifications à un certain nombre d'articles.

Les taxes que l'État autrichien a inscrites dans ses tarifs sont basées sur l'analyse des besoins économiques faite avec le plus grand soin; elles sont en général un peu inférieures à celle des tarifs des compagnies autrichiennes.

Le système de tarifs adopté par l'État en Autriche est un de ceux que l'on consultera avec le plus de fruit, en France, dans la question de la refonte des tarifs généraux des compagnies. C'est un système de tarifs qui permettra à l'État autrichien qui l'applique de maintenir victorieusement la lutte économique que les diverses nations de l'Europe continentale commencent à se livrer sur le terrain industriel et commercial.

La note de M. Baum se termine par des annexes comprenant la nomenclature des marchandises, les classifications, tarifs d'exception, etc.

Note sur le **Manuel hydrologique du bassin de la Seine**, par M. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées.

Le service hydrométrique du bassin de la Seine vient de publier un manuel qui a été rédigé par M. de Preaudeau, sous la direction de MM. Lemoine et Lefebure de Fourcy, et dans lequel se trouvent réunis les renseignements relatifs à la fondation et au développement de ce service, ainsi que les principaux résultats obtenus sur le régime des eaux et l'annonce des crues.

Ce manuel comprend quatre chapitres : Principes d'hydrologie, — Étude sur la pluie, — Études sur les eaux courantes, — Annonces des crues.

La science de l'hydrologie a été fondée et dénommée par M. Belgrand; elle a pour objet l'étude de l'eau depuis le moment où elle tombe sur le sol sous forme de pluie ou de neige, jusqu'à celui où elle arrive dans la mer à l'état de fleuve, et pour but principal la prévision des crues des cours d'eau; l'idée fondamentale sur laquelle repose cette science est l'influence capitale qu'exercent sur le régime des cours d'eau le degré de perméabilité et, par suite, la nature géologique du sol.

Les bases fondamentales de la prévision des crues ont été établies par M. Belgrand dès 1857; l'illustre ingénieur avait reconnu que les eaux torrentielles, notamment celles de l'Yonne, passaient les premières à Paris et que les eaux tranquilles, arrivant ensuite, ne faisaient en général que maintenir le niveau, et il en avait conclu que, pour calculer la hauteur d'une crue à Paris, il suffisait de connaître la hauteur des montées des affluents torrentiels; un très petit nombre de points d'observation, sept ou huit, suffisent pour avoir des indications concluantes.

L'application de ces méthodes, avec les modifications qu'à suggérées l'expérience pour tenir compte des influences accessoires, a donné des résultats très importants.

M. Allard termine son analyse détaillée du Manuel hydrologique du bassin de la Seine en indiquant combien il serait utile de voir des publications analogues faites par les soins des services d'annonces des crues organisés dans les autres bassins. Les rappprochements et comparaisons qu'on pourrait faire rendraient des grands services à la science et permettraient de constituer un travail d'ensemble sur l'hydrologie de la France.

Mémoire sur **Divers systèmes de voitures à vapeur** employées en Belgique et dans les provinces rhénanes, par M. Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines.

Ce mémoire a paru dans la deuxième livraison de 1884 des *Annales des Mines ;* nous en avons donné une analyse dans les comptes rendus de septembre 1884, page 303.

Note sur un ouvrage de M. Comoy, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, intitulé : **Étude pratique sur les marées fluviales et notamment sur le mascaret, application aux travaux de la partie maritime des fleuves,** par M. Laroche, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 4. — 24 *Janvier* 1885.

Réunion, les 5 et 6 janvier, des délégués pour l'étude des modifications de la loi sur les brevets d'invention.

Prix offert par la Société pour des expériences sur les conduites de vapeur au point de vue des enveloppes calorifuges et de la vitesse la plus avantageuse de la vapeur.

Les forces hydrauliques et les installations pour les utiliser, par W. Zuppinger.

La glycérine, sa densité et son point d'ébullition.

Groupe de Breslau. — Four pour cornues, avec chauffage par un gazogène de Liegel. — Installation de caves de Conrad Kissling. — Explosion de chaudières à Lœwen.

Groupe de Thuringe. — Désinfection et purification des eaux de fabriques. — Effet des eaux des mines dans l'alimentation de machines.

Patentes.

Correspondance. — Sur l'abus des termes étrangers. — Métiers mécaniques à broder.

Variétés. — Lancement et essais de navires.

N° 5. — 31 *Janvier* 1885.

Réunion, les 5 et 6 janvier, des délégués pour l'étude des modifications de la loi sur les brevets d'invention (*suite*).

Les forces hydrauliques et les installations pour les utiliser, par W. Zuppinger (*suite*).

Notes sur l'exposition du travail manuel à Dresde, par R. Schœttler (*suite*).

La glycérine, sa densité et son point d'ébullition (*suite*).

Groupe du Palatinat et de Saarbruck. — Changements de structure dans le fer et l'acier. — Altération des tubes d'une chaudière verticale Field.

Patentes.

Correspondance. — Sur l'abus des termes étrangers.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Éclairage électrique du Théâtre-Royal de Munich. — Installations d'éclairage électrique de Siemens et Halske.

N° 6. — 7 *Février* 1885.

Chaudières sans foyer à soude, système Honigmann, par M. F. Gutermuth.

Les forces hydrauliques et les installations pour les utiliser, par W. Zuppinger (*suite*).

Groupe de Bergue.

Groupe de Berlin. — Motion du groupe de Francfort et résolution du groupe de Cologne. — Nouveau mode de fabrication du béton et appareil pour le couler. — Explosion d'une chaudière système Kohler. — Le vrai rôle de l'ingénieur.

Groupe de Magdebourg. — Danger des étincelles avec les grues à vapeur.

Groupe de la haute Silésie.

Patentes.

Bibliographie. — Principes de la construction du matériel de chemins de fer; deuxième partie, les wagons, par Georges Meyer. — Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Chaudière à soude, système Honigmann.

Variétés. — Réparation d'une cheminée.

N° 7. — 14 *Février* 1885.

Bureaux de l'assemblée générale et des assemblées de groupes de l'Association.

Pose des divers systèmes de voies métalliques des aciéries d'Osnabruck et de l'usine Georges Marie, par Alb. Frank.

Les forces hydrauliques et les installations pour les utiliser, par W. Zu
pinger (*suite*).

Machines agricoles. — Appareils et outils pour travailler le sol.

Groupe de Hesse. — Concours et soumissions. — Éclairage électriq
de la filature de jute de Cassel.

Groupe du Rhin inférieur. — Emploi du béton comprimé dans
constructions. — Associations d'employés d'ateliers de construction
machines et de fonderies.

Patentes.

Bibliographie. — La question des canaux, par Opel. — Construction
canaux en Prusse, par le docteur A. Meitzen.

Correspondance. — Sur l'abus des termes étrangers.

Variétés. — Statistique des écoles techniques supérieures à Berlin.

N° 8. — 21 *Février* 1885.

Signaux de chemins de fer, par Schön.

Les forces hydrauliques et les installations pour les utiliser, par W.
pinger (*fin*).

Le câble transatlantique Mackay-Bennet, par E. Krause.

Régulateur de von Lüde.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Motion du groupe de Francfort et ré
tion du groupe de Cologne. — Sur les dimensions à donner aux cons
tions métalliques et sur la manière de les calculer.

Patentes.

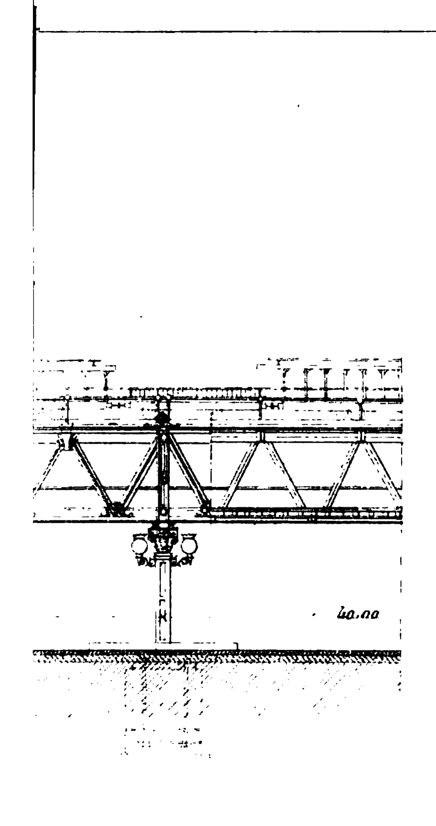
Correspondance. — Chaudière à soude de Honigmann.

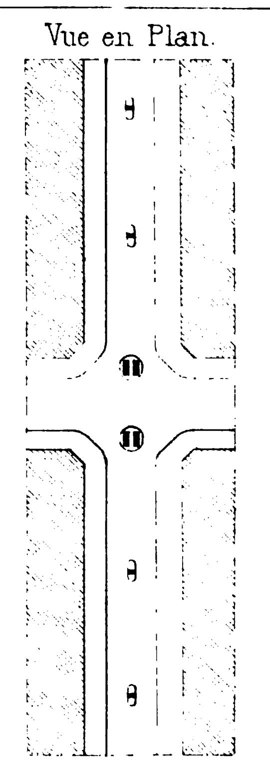
Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

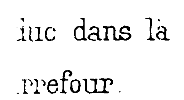
RIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Vue en Plan.

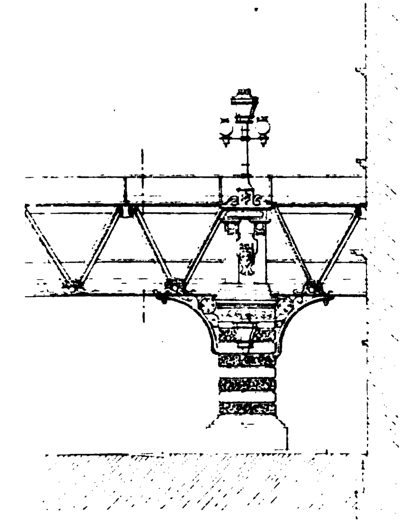


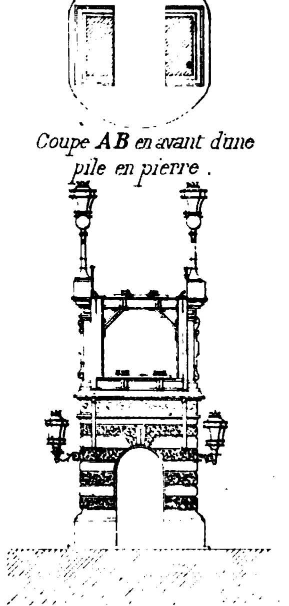


Coupe horizontale du soubassement de la pile en maçonnerie.



…duc dans la …rrefour.





Coupe AB en avant d'une pile en pierre.

Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque



(Egre) Rue [illegible] GAI 720 Rue M[illegible]

(E.910)
Rue Stanislas
GAR
Rue Mogador
RUE
ERA

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1885

N° 3

Sommaires des séances du mois de mars :

1° Décès de M. Louis Richard, ancien président de la Société (séance du 6 mars, page 283) ;

2° Observations de M. Molinos au sujet de la communication de M. Léon Malo sur les *voies asphaltées de Berlin* (séance du 6 mars, pages 284 à 286);

3° Présentation de la notice de M. Georges Salomon sur *les coalitions commerciales d'aujourd'hui* (séance du 6 mars, page 286) ;

4° Prix Nozo. — Composition du jury, nomination de trois jurés titulaires et de trois jurés supplémentaires (séance du 6 mars, page 287) ;

5° Communication de M. Bertrand de Fontviolant sur un *nouveau mode de calcul des poutres continues : méthode générale analytique et méthode graphique* (séance du 6 mars, pages 288 à 296) ;

6° Discussion sur le *projet de Métropolitain à voies superposées* de M. Jules Garnier : observations de MM. Emile Level, Lantrac, Auguste Moreau, Brüll, Jules Garnier, Hersent, Le Brun, Molinos, Sévérac, Abt et Regnard (séance du 6 mars, pages 296 à 316);

7° *Compte rendu du Banquet commémoratif du 37° anniversaire de la fondation de la Société :* toasts de MM. de Comberousse, Hersent, A. Noblot, Fontaine, Loustau, Périssé, Louis Martin et A. Hauet (pages 317 à 322);

8° Liste des membres souscripteurs (pages 322 et 323);

9° Présentation de MM. Laussedat et Hervé-Mangon comme membres honoraires (séance du 20 mars, page 324) ;

10° *Exposition d'électricité* faite à l'Observatoire de Paris, sous les auspices de la société internationale des électriciens (séance du 20 mars, page 324);

11° *Exposition de meunerie et de boulangerie* aux Champs-Élysées. Communication de M. Armengaud jeune (séance du 20 mars, pages 325 et 326) ;

12° Lettre de M. Ch. Herscher au sujet de la chaudière sans feu du système Hönigmann (séance du 20 mars, page 326);

13° Lettre de M. Ch. Grébus, correspondant de la Société en Espagne (séance du 20 mars, page 327) ;

14° Communication de M. G. Eiffel sur son *projet de tour en fer de* 300 *mètres de hauteur*, *destinée à l'Exposition de* 1889 (séance du 20 mars, pages 328 à 332);

15° Communication de M. Louis Boudenoot sur la *Distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié* (séance du 20 mars, pages 332 à 340) ;

16° Observations de MM. Simon et Armengaud jeune sur la communication précédente (séance du 20 mars, pages 340 à 342),

Pendant le mois de Mars, la Société a reçu :

De M. Couche, ingénieur en chef du service des eaux, un exemplaire de son rapport sur les *Eaux de Paris en* 1884.

De M. Ronna, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur *J.-B. Dumas, agronome.*

De M. Georges Salomon, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Coalitions commerciales d'aujourd'hui.*

De M. Mendès, membre de la Société, un exemplaire des documents parlementaires sur les *Améliorations du port de Lisbonne.*

De M. Czyszkowski, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur les *phénomènes métallifères, les minerais de fer dans l'écorce terrestre.*

De M. Rothschild, éditeur, un exemplaire de la *Vie antique* (*Rome, architecture publique et privée, mobilier, armes, costumes, mœurs, usages*, etc.), d'après la 4e édition de *E. Guhl et W. Koner*. Traduction de F. Trawinski, revue et corrigée par M. O. Riemann, précédée d'une introduction par Albert Dumont.

De M. Alfred Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire du *Compte rendu du service d'assainissement de la Seine.*

De M. J.-G. Baudot, membre de la Société, trois *notes*, une relative aux *irrigations de la basse Égypte*, deux relatives aux *modifications qui seront apportées au régime du Nil* (*branche de Rosette*) *par l'exécution des travaux projetés.*

De M. G. Eiffel, membre de la Société, un mémoire sur son projet de *tour en fer de* 300 *mètres de hauteur, destinée à l'Exposition de* 1889.

De M. Louis Boudenoot, membre de la Société, un mémoire sur la *Distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié.*

De M. A. Huet, ingénieur civil à Delft, un exemplaire de son ouvrage sur les Polders (*Stoombemaling van Polders en Bœzems :* texte et atlas de 25 planches).

De M. Paur, membre de la Société, un exemplaire du *Journal officiel illustré de l'Exposition Suisse, à Zurich, en* 1883, et un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *Bericht uber die Verwaltung der Schweizerischen Landesausstellung-Zurich*, 1883.

De M. Léon Somzée, membre de la Société, un exemplaire de sa *Note sur l'électricité*, présentée à la commission de l'Exposition internationale d'Anvers, en 1885.

De M. Fernandes Pinheiro, membre de la Société, un exemplaire de chacun des ouvrages suivants :

Archives de l'Exposition de l'Industrie nationale au Brésil, en 1881. Rapporteur général, M. F. Pinheiro.

Réglementation pour le service d'inspection et le contrôle de l'État sur les chemins de fer et tramways au Brésil.

Archives du Congrès des chemins de fer du Brésil, en 1882. Président, M. F. Pinheiro. — Rapporteur général, M. Reis.

Rapport sur le chemin de fer de Bahia. — Ingénieur en chef directeur, M. F. Pinheiro (1877).

Tableau statistique des chemins de fer au Brésil.

De M. Fernandes Pinheiro, membre de la Société, une *note sur un chemin de fer à voie réduite* (0^m,76), *en exploitation au Brésil.*

De M. Ch. Thirion, membre de la Société, de la part de M. le docteur Luigi Cerebotani. un mémoire descriptif sur un *procédé pour mesurer les distances et relever les courbes.*

De M. Mallié, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur un système de filtre perfectionné.*

De M. Georges Dumont, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité pratique des applications de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer.*

De M. Vallot, membre de la Société, au nom de M. Georges Steinheil, ingénieur des Arts et manufactures, éditeur à Paris, un exemplaire de l'ouvrage de M. Berthelot, intitulé : les *Origines de l'Alchimie.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Baranger, présenté par MM. Chassevent, L. Maiche et Verstraet.
Bordet, — Benoît Duportail, Chaperon et Mallet.
Chalon, — Gottereau, Huet et Vlasto.
Eugène Maiche, — Chassevent, L. Maiche et Verstraet.
Montagnan, — de Comberousse, de Nansouty et Nousse.
Rouvière, — Anthoni, de Comberousse et Seyrig.

Comme membre associé :

M. Jeannolle, présenté par MM. de Comberousse, Genès et Auguste Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1885

Séance du 6 Mars 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT demande s'il n'y a pas d'observations sur le procès-verbal de la séance du 20 février.

M. GILLOT signale une faute dans l'établissement de la formule exponentielle contenue dans son mémoire.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que cette faute ne peut être attribuée qu'aux corrections mêmes faites par M. Gillot, d'une façon qui n'est pas conforme aux usages établis; car la formule avait été écrite correctement au procès-verbal. Elle sera de nouveau corrigée, lors de l'impression du *Bulletin*.

Sauf l'observation qui précède, le procès-verbal est adopté.

M. GILLOT remet sur le bureau le calcul de la température de combustion de l'hydrogène, dont il avait été question à la dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Louis Richard, ancien président de la Société, dont nous avons tous pu apprécier les mérites; un grand nombre de membres et tout le Comité ont assisté à ses obsèques. Le président de la Société a prononcé sur sa tombe quelques paroles qui seront insérées dans le *Bulletin*. On y trouvera également les discours de M. Émile Muller, notre ancien président, et de M. Maire, collègue de M. Richard au chemin de fer de Bone à Guelma. Ces trois documents réunis formeront comme une biographie de M. Louis Richard, et conserveront le souvenir des services qu'il a rendus. M. le président ne doute pas que tous les membres présents ne s'associent au deuil de la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Molinos, qui a quelques observations à présenter au sujet de la communication que M. Malo a faite à la dernière séance.

M. Molinos dit qu'il a lu avec grand intérêt la communication de son ami M. Malo sur le pavage en asphalte, sur les avantages qu'il présente par rapport au pavage en pierre et sa comparaison avec le pavage en bois.

M. Molinos est presque complètement d'accord avec M. Malo sur l'ensemble des vues qu'il a présentées à la Société; il a néanmoins quelques restrictions à faire au sujet de certaines indications relatives au pavage en bois que M. Malo ne peut naturellement connaître aussi bien que la question des asphaltes, sur laquelle sa compétence est sans rivale.

M. Molinos pense, comme M. Malo, que le pavage en pierre est destiné à disparaître de Paris. On n'a, en effet jusqu'à présent, considéré dans ces questions qu'une des faces du problème : assurer tant bien que mal une chaussée praticable aux voitures. Mais, avec nos exigences croissantes en matière de confort, il faut désormais tenir compte d'un autre élément, l'importunité pour les habitants du bruit insupportable produit par une circulation croissante sur des chaussées sonores. Dans les rues étroites il est impossible de vivre les fenêtres ouvertes, et c'est à la fois un désagrément et une condition malsaine d'existence qu'il faut supporter pendant toute la belle saison.

M. Molinos est donc convaincu que l'avenir appartient aux chaussées qui joindront aux avantages de la douceur de la circulation, comme l'asphalte et le pavage en bois, celui de supprimer le bruit pour les riverains. A ce point de vue, il doit d'abord faire observer que c'est le pavage en bois qui résout jusqu'à présent le mieux le problème. On peut se convaincre que dans les rues étroites et à grande circulation, comme la rue de Richelieu, par exemple, l'asphalte résonne assez sous le pied des chevaux pour incommoder encore les habitants et rendre pénible le séjour des appartements avec les fenêtres ouvertes. Au contraire, le pavage en bois est absolument sourd. Il ne saurait donc s'associer à la répartition que M. Malo indique des rues étroites à l'asphalte, des larges chaussées au pavage en bois.

M. Molinos ne peut admettre non plus l'allégation que le pavage en bois, tel qu'il est pratiqué à Paris, trempé seulement dans la créosote, a de la propension à la pourriture. L'expérience démontre le contraire. Il a relevé lui-même à Londres des échantillons de pavés ainsi préparés et âgés de huit ans, qui étaient aussi sains que le premier jour; pas un seul n'a montré la moindre trace de pourriture. C'est, bien entendu, ce que constatent également les sondages faits de temps en temps à Paris sur les plus anciens pavages, qui datent maintenant de trois ans et demi.

Il a lui-même eu tout d'abord de la peine à croire à l'efficacité du système de trempage et de pénétration par capillarité de nos pavés. Mais il soumet à la Société quelques échantillons de sections de pavés, qui montrent que partout où le bois présente soit de l'aubier, soit des fibres un peu lâches, la pénétration se fait de part en part. Il est évident que la quantité d'antiseptique ainsi introduite dans le bois est suffisante pour le protéger efficacement.

M. Malo dit que le pavage en bois paraît avoir été définitivement con-

damné à Berlin. C'est qu'il en est du pavage en bois comme de l'asphalte. M. Malo rappelle avec raison l'histoire de l'asphalte dans ces dernières années, de la déconsidération dans laquelle ce système de pavage est tombé par suite de mauvaise exécution, conséquence d'une concurrence effrénée. Les mêmes faits se sont produits à Berlin où les travaux ont été confiés sans discernement à des marchands de bois sans expérience qui les ont mal exécutés. Nous verrons peut-être à Paris dans un avenir prochain le pavage en bois subir des insuccès, si on retombe dans les mêmes errements. Le public a pu apprécier, en comparant les résultats déplorables de l'essai fait sur la place du Théâtre-Français avec ceux qui ont été obtenus au boulevard Poissonnière, d'abord, puis sur toutes les autres chaussées pavées en bois à Paris, l'énorme influence d'un bon ou d'un mauvais système de pavage en bois; à Londres aussi il y a eu des échecs, mais le système Kerr, le même qui est aujourd'hui employé à Paris, y a complètement réussi et s'étend rapidement de jour en jour.

Le colonel Haywood, dont M. Malo cite l'opinion favorable à l'asphalte, fait cependant des réserves que M. Molinos lui a entendu lui-même exprimer. Il admet que, pour le cheval au trot, l'asphalte est très inférieur au pavage en bois; mais le colonel Haywood est chargé de la voirie de la Cité. Or dans la Cité la circulation est si active que les voitures vont toujours au pas. Le colonel Haywood fait donc remarquer que l'application de l'asphalte dans la Cité ne présente pas les inconvénients qu'on peut lui reprocher dans les rues où les chevaux doivent généralement trotter. Dans tout le reste de Londres où la voirie est sous la direction de sir Joseph Basalgette, le pavage en bois prend une extension considérable et continue.

M. Molinos arrive enfin à une question importante, celle du prix de revient. M. Malo avance que le pavage en bois est plus cher que l'asphalte. C'est une erreur. Il est un fait démontré aujourd'hui par l'expérience, c'est que, pour les chaussées les plus fatiguées, pour les boulevards, par exemple, la fondation en béton de $0^m,15$ est absolument suffisante avec le revêtement des pavés en bois de $0^m,15$. Dans ces conditions le prix du pavage en bois peut être évalué à 23 francs. Or, c'est le prix de l'asphalte de la rue Richelieu, et cette dernière application doit être le type de bonnes chaussées asphaltées. Si l'on tient compte que dans le prix de 23 francs les droits d'octroi sont compris pour les bois à raison de 9 francs le mètre cube, ou environ 1 fr. 50 par mètre carré, il faut conclure que loin d'être plus cher que l'asphalte, le pavage en bois est plutôt meilleur marché.

Quant à l'entretien, le prix stipulé pour les boulevards est de 2 fr. 95 par mètre carré et par an. Mais que coûtera une chaussée en asphalte soumise à une pareille circulation? C'est ce que l'expérience permettra de savoir plus tard. Pour des chaussées de circulation ordinaire, le coût de l'entretien du pavage en bois peut évidemment être considérablement réduit.

En résumé M. Molinos pense comme M. Malo que l'avenir du pavage de Paris est dans la substitution au pavage en pierre, dur et sonore, de chaussées à fon-

dation solide, et à revêtement élastique comme l'asphalte et le pavage en bois.

Pour ce dernier, avec le système appliqué à Paris, il est absolument sain et il n'y a aucunement à se préoccuper de la pourriture ; le revêtement en bois devra être remplacé tous les 6, 7 ou 8 ans, suivant l'activité du trafic, mais seulement à cause de l'usure, et l'un des caractères le plus frappant de ces chaussées, c'est qu'elles s'usent presque uniformément.

Le prix d'établissement du pavage en bois est plutôt inférieur à celui de l'asphalte.

M. Molinos croit qu'on ne peut pas encore établir de comparaison certaine entre les prix d'entretien.

Quant aux avantages comparatifs de ces deux systèmes au point de vue de la suppression du bruit et de la sûreté du pied des chevaux, chacun peut les apprécier.

Et en concluant, M. Molinos dira avec M. Malo, qu'il y a à Paris un vaste champ d'application où les deux systèmes doivent trouver leur place.

M. le Président dit que la Société apprendra avec plaisir que l'un de ses membres, M. G. Cabanellas, auquel elle a décerné l'année dernière l'une des deux médailles dont elle disposait, a seul concouru en 1884 pour le grand prix de l'Institut, relatif aux sciences mathématiques, et que l'Académie a jugé son mémoire digne d'un encouragement.

La question posée était celle-ci : *Perfectionner en quelque point important la théorie de l'application de l'électricité à la transmission du travail.*

M. le Président indique les ouvrages reçus par la Société, parmi lesquels il signale un très beau volume offert par M. Rotschild : *la Vie antique à Rome ;* cette seconde partie de l'ouvrage, dont la traduction française a été revue par O. Riemann, est le digne pendant de la première : *la Vie antique en Grèce.*

Il signale également la notice de M. Ronna, intitulée : *J.-B. Dumas, agronome.*

Cette notice est fort intéressante ; elle met en lumière un côté de la vie de l'illustre savant, qui n'est peut-être pas suffisamment connu ; elle rappelle les nombreux services qu'il a rendus à l'agriculture, et mérite d'attirer notre attention ; elle a été publiée dans le *Génie civil.*

La Société a reçu de M. Georges Salomon un exemplaire de sa notice sur les *Coalitions commerciales d'aujourd'hui.*

M. le Président dit que la brochure de M. Salomon traite des unions des détenteurs d'une marchandise (fabricants ou marchands), qui ont pour but de ne pas vendre ou de ne vendre une marchandise qu'un certain prix. On y trouve tous les renseignements sur les coalitions qui ont été organisées en Allemagne, en vue de vendre à l'étranger, soit au prix de revient, soit même à perte. Ces coalitions ont aidé quelques producteurs allemands, notamment les fabricants de rails d'acier, à conquérir divers marchés étrangers aux frais de la masse des consommateurs allemands ; elles portent momentané-

ment un grave préjudice aux industries françaises, anglaises ou belges ; mais, en retour, elles ont entraîné en Allemagne un excès de production qui, suivant M. Salomon, ne peut tarder à se dénouer par un formidable effondrement.

En France, les coalitions commerciales sont punies par les articles 419 et 420 du Code pénal. Mais la loi est impuissante à les conjurer. « Contre ces coalitions, dit M. Salomon, la liberté suffit ; elles portent dans leur sein des germes morbides, plus puissants à assurer leur décomposition que les dispositions législatives les plus restrictives. »

Ainsi soit-il !

M. LE PRÉSIDENT renverra la brochure de M. Salomon à M. Mallet, notre rédacteur si consciencieux, qui en tirera bien certainement quelques pages intéressantes pour notre *Bulletin*.

La Société a reçu de M. Couche, ingénieur en chef du service des eaux, un exemplaire de son rapport sur les *Eaux de Paris en* 1884. C'est un compte rendu fort important qu'on lira avec intérêt.

La Société a reçu encore de M. Mendès un exemplaire des documents parlementaires sur l'*Amélioration du port de Lisbonne.*

Ce travail présente un réel intérêt d'actualité, car l'amélioration de nos ports est tout à fait à l'ordre du jour.

M. LE PRÉSIDENT dit que l'Assemblée aura à procéder, à la fin de la séance, à la nomination des trois jurés titulaires et des trois jurés supplémentaires qui, d'après le règlement, doivent être adjoints au jury appelé à décerner cette année le prix Nozo ; au terme strict du règlement, cette nomination est un peu en retard, car elle aurait dû être faite dans la première séance de février.

M. LE PRÉSIDENT fait part de la décision prise, après examen, par le Comité, au sujet du règlement relatif à la médaille d'or de la Société, fondée en 1866. L'article III de ce règlement était ainsi conçu :

Les membres de la Société sont seuls admis à concourir : Les membres du Bureau et du Comité sont hors concours.

Il s'est présenté dans l'application une difficulté, résultant du laconisme de l'article visé, qui ne dit pas si l'exclusion est prononcée contre les membres faisant partie du Bureau et du Comité, lors de la présentation *ou* lors du jugement de leurs Mémoires.

C'est cette dernière interprétation qui paraît le mieux correspondre à l'esprit même du règlement ; et le nouvel article III rédigé par le Comité est ainsi conçu :

Les membres de la Société sont seuls admis à concourir : les Mémoires des membres du Bureau et du Comité, en fonctions pendant l'année où le jugement doit être rendu, sont exclus du concours.

Cette dernière rédaction fait disparaître toute ambiguïté.

M. LE PRÉSIDENT croit devoir rappeler les termes du testament de notre ancien Président, M. Nozo.

« Je donne et lègue à la Société des Ingénieurs civils, autorisée par

décret du vingt-deux décembre mil huit cent soixante, dont le siège est à Paris, une somme de *six mille francs*, à placer en rente trois pour cent, ou en obligations de chemins de fer, dont les revenus serviront à la fondation d'un prix triennal portant mon nom. — Le Prix pourra, selon la décision du Comité, être délivré, soit en espèces, soit en une médaille d'or, à l'auteur du plus important travail fourni pendant la période des trois années dans les questions dont s'occupe la Société. »

Le Comité, dans la séance du 21 octobre 1881, a adopté le programme suivant pour le concours au prix Nozo.

1° *Seront admis au concours les Mémoires primés pendant les trois années qui précèdent l'échéance de l'annuité du prix Nozo.*

2° *Seront également admis les Mémoires de tous les Membres du Bureau et du Comité qui, d'après le règlement sur le concours pour le prix annuel de la Société, sont exclus de ce concours, et qui auront été déposés pendant cette même période de trois ans.*

3° *Le jury sera composé du Président, des quatre Vice-Présidents en exercice, et de trois Membres de la Société, qui seront élus au scrutin secret dans la séance ordinaire du premier vendredi du mois de février de l'année où aura lieu le concours. En même temps, il sera nommé trois jurés supplémentaires pour remplacer les jurés titulaires absents ou empêchés.*

4° *Si le Président ou les Vice-Présidents en exercice désirent concourir, ils devront faire connaître leur intention par écrit avant le premier février. Ils seront, dans ce cas, remplacés pour ce concours, par des membres de la Société, élus comme il a été dit plus haut* (art. 3), *pour les jurés titulaires.*

5° *Dans le cas où le Président ou les Vice-Présidents en exercice seraient empêchés, les membres du jury nommeront leur Président ou Vice-Président.*

6° *Le classement des Mémoires admis à concourir pour le prix Nozo, n'aura lieu qu'après le choix arrêté du Mémoire auquel sera décerné le prix annuel de la Société.*

L'ordre du jour appelle la communication de M. Bertrand de Fontviolant sur un *nouveau mode de calcul des poutres continues : Méthode générale analytique et méthode graphique.*

M. Bertrand de Fontviolant dit que l'étude qu'il a l'honneur de présenter, a pour objet un nouveau mode de calcul des poutres continues. Les principes qui constituent sa théorie conduisent à la fois à une solution analytique et à une solution graphique de cette question.

Il ne s'étendra pas ici sur les avantages respectifs des méthodes analytiques et des méthodes graphiques. On sait que le caractère des premières est la généralité, celui des dernières la rapidité dans les applications. L'analyse nous donne en effet le moyen d'écrire les équations qui lient les inconnues du problème, quelles que soient les complications résultant des conditions dans lesquelles a été projetée la poutre. Mais il ne

suffit pas de poser des équations, il faut les résoudre, et l'on est forcé de reconnaître que le travail de la résolution est très long et très pénible dès que le nombre des inconnues devient supérieur à trois ou quatre. C'est cette difficulté, à laquelle se heurte toujours l'analyse, que la géométrie tourne très aisément.

Cependant, si grande que soit, dans les applications, la supériorité des méthodes graphiques, nous estimons qu'au point de vue théorique, il convient toujours d'attaquer un problème quelconque relatif à la flexion plane, par l'analyse, qui seule fournit des solutions applicables à tous les cas, et met mieux en lumière les rapports, les relations des divers éléments qui entrent dans la question proposée.

Méthode analytique. — M. de Fontviolant s'est efforcé de donner une théorie aussi générale que possible, permettant de tenir compte de certaines conditions qui, à sa connaissance, n'ont pas encore été étudiées en France; il veut parler de la flexion des piles encastrées avec les poutres, et de la compression qui se produit toujours dans les appuis, compression qui est fonction des réactions que ces derniers reçoivent de la poutre. Il s'est appuyé, par un artifice bien connu, mais qu'il croit avoir employé d'une manière nouvelle, sur le principe de la superposition des effets des forces. — Il a pu ainsi, malgré l'extrême complication du problème, arriver successivement aux résultats nécessaires.

On remarquera que la forme de l'équation générale des trois moments, ou formule de Clapeyron, apparaît dans le cas des encastrements comme dans celui des appuis simples. L'influence des dilatations sur la résistance des piles a été également étudiée.

Le problème se pose ainsi : Un solide prismatique de section variable repose sur des appuis situés à des niveaux différents; certains de ces appuis sont simples ; les autres comportent des encastrements sous des angles donnés. On demande de déterminer les réactions des appuis et les moments aux points d'encastrement développés sous l'action de charges distinctes P_i, et de charges ΔP_k réparties suivant une ou plusieurs lois données.

Soient : R_n la réaction d'un appui intermédiaire quelconque A_n.

μ_{em} le moment résultant de l'encastrement en un appui A_m, c'est-à-dire le moment du couple développé dans cet encastrement.

Supprimons, pour un instant, les appuis intermédiaires et les encastrements : la poutre ne repose plus que sur ses appuis extrêmes, et subit une certaine flexion sous l'action des charges P_i et ΔP_k : désignons par μ_{P_i}, α_{P_i}, y_{P_i}, le moment fléchissant, l'inclinaison et l'ordonnée de la ligne moyenne produits, dans ces conditions, en un point quelconque, par une charge P_i, — et par $\mu_{\Delta P_k}$, $\alpha_{\Delta P_k}$, $y_{\Delta P_k}$, ces mêmes quantités engendrées par une charge ΔP_k.

Maintenant, supprimons les charges : la poutre reprend la forme recti-

ligne; puis appliquons aux points de la ligne moyenne, situés à l'aplomb des appuis supprimés précédemment, des efforts égaux aux réactions R_n de ces appuis et aux couples d'encastrement μ_{em} : la poutre fléchit de nouveau; désignons par μ_{R_n}, α_{R_n}, y_{R_n}, le moment fléchissant, l'inclinaison et l'ordonnée produits par la réaction R_n, et par $\mu_{\mu_{em}}$, $\alpha_{\mu_{em}}$, $y_{\mu_{em}}$, ces mêmes éléments produits par le couple μ_{em}.

Cela posé, on démontre les trois principes suivants :

En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue :

I. Le moment fléchissant μ est la somme algébrique des moments μ_{P_i}, $\mu_{\Delta P_k}$, provenant des charges P_i, ΔP_k, et des moments fléchissants $\mu_{\mu_{em}}$, μ_{R_n}, provenant des couples d'encastrements μ_{em} et des réactions des appuis R_n, — tous ces moments fléchissants étant supposés développés par les efforts P_i, ΔP_k, μ_{em}, R_n, dans la poutre privée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements.

$$(1) \qquad \mu = \left[\Sigma \mu_{P_i} + \Sigma \mu_{\Delta P_k}\right] + \left[\Sigma \mu_{R_n} + \Sigma \mu_{\mu_{em}}\right]$$

II. L'inclinaison α de la ligne moyenne fléchie est la somme algébrique des inclinaisons α_{P_i}, $\alpha_{\Delta P_k}$, prises sous l'action des charges P_i, ΔP_k agissant seules sur la poutre dont on aurait supprimé les appuis intermédiaires et les encastrements, et des inclinaisons α_{R_n}, $\alpha_{\mu_{em}}$ développées dans cette même poutre par l'application des réactions R_n des appuis, et des moments d'encastrements μ_{em} agissant seuls.

$$(2) \qquad \alpha = \left[\Sigma \alpha_{P_i} + \Sigma \alpha_{\Delta P_k}\right] + \left[\Sigma \alpha_{R_n} + \Sigma \alpha_{\mu_{em}}\right]$$

III. La proposition qui vient d'être énoncée pour les inclinaisons s'applique également aux ordonnées :

$$(3) \qquad y = \left[\Sigma y_{P_i} + \Sigma y_{\Delta P_k}\right] + \left[\Sigma y_{R_n} + \Sigma y_{\mu_{em}}\right]$$

Pour donner à ces trois énoncés une forme plus simple, et en même temps pour désigner des quantités qui entrent soit dans les calculs, soit dans les tracés graphiques, on est conduit à appeler :

Moment de charges, inclinaison de charges, ordonnée de charges, en un point, le moment fléchissant, l'inclinaison et l'ordonnée qui seraient produits, en ce point, par l'application des charges données sur la poutre privée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements.

Puis, moment de réactions, inclinaison de réactions, ordonnée de réac-

tions, en un point, le moment fléchissant, l'inclinaison et l'ordonnée qui seraient développés, en ce point, par les réactions des appuis intermédiaires et les couples d'encastrement agissant seuls sur la poutre privée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements.

Les principes précédemment posés, prennent alors la forme suivante :

En chaque point de la ligne moyenne fléchie de la poutre continue :

(I. *bis*) Le moment fléchissant est égal à la somme algébrique du moment de charges et du moment de réactions :

(1 *bis*) $$\mu = \mu_{P, \Delta P} + \mu_{R, \mu_e}$$

(II. *bis*) L'inclinaison est égale à la somme algébrique de l'inclinaison de charges et de l'inclinaison de réactions :

(2 *bis*) $$\alpha = \alpha_{P, \Delta P.} + \alpha_{R, \mu_e}$$

(III. *bis*) L'ordonnée est égale à la somme algébrique de l'ordonnée de charges et de l'ordonnée de réactions :

(3 *bis*) $$y = y_{P, \Delta P} + y_{R, \mu_e}$$

Ces trois lemmes, énoncés sous l'une quelconque des deux formes qui viennent d'être indiquées, conduisent toujours à la mise en équation du problème des poutres continues, quelles que soient les complications que celui-ci puisse présenter.

En ce qui concerne la question posée au début, si l'on applique la formule (2) aux points d'appui avec encastrement A_q, et la formule (3) à tous les points d'appui intermédiaires indistinctement, on obtient deux groupes d'équations que nous représentons respectivement par les suivantes :

(4) $$\Sigma \alpha^q_{R_n} + \Sigma \alpha^q_{\mu_{em}} = \alpha^q - \left[\Sigma \alpha^q_{P_i} + \Sigma \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$$

(5) $$\Sigma y^r_{R_n} + \Sigma y^r_{\mu_{em}} = y^r - \left[\Sigma y^r_{P_i} + \Sigma y^r_{\Delta P_k}\right]$$

dans lesquelles α^q et y^r désignent respectivement les inclinaisons des encastrements et les ordonnées des appuis intermédiaires qui sont des données.

D'autre part, les formules de déformation d'une poutre reposant sur deux appuis font connaître la valeur numérique des termes $\left[\Sigma \alpha^q_{P_i} + \Sigma \alpha^q_{\Delta P_k}\right]$, $\left[\Sigma y^r_{P_i} + \Sigma y^r_{\Delta P_k}\right]$ et permettent de calculer les termes $\left[\Sigma \alpha^q_{R_n} + \Sigma \alpha^q_{\mu_{em}}\right]$, $\left[\Sigma y^r_{R_n} + \Sigma y^r_{\mu_{em}}\right]$ en fonction des inconnues R_n et μ_{em}, autrement dit de

constituer des équations numériques renfermant ces inconnues au premier degré.

Ces formules de déformation contiennent des quadratures dans le cas de la poutre de section variable.

Dans le cas de la section constante, elles se réduisent à des fonctions purement algébriques.

On trouvera dans le mémoire ces formules qui sont, pour la plupart, extraites du *Cours de Mécanique appliquée*, professé à l'École centrale par notre excellent et honoré maître, M. de Comberousse, auquel nous saisissons l'occasion de témoigner toute notre reconnaissance.

Si l'on veut tenir compte de la compression produite dans les appuis, compression qui est fonction des actions exercées sur ces derniers par la poutre, l'équation (4) ne change pas, mais il faut remplacer l'équation (5) par la suivante :

(5 *bis*)

$$\left[\Sigma y^{r}_{R_n} + \Sigma y^{r}_{\mu_{em}}\right] + k_o\left(1 - \frac{X_r}{L}\right)R_o + k_n \frac{X_r}{L} R_n - k_r R_r = Y_r - \left[\Sigma y^{r}_{P_i} + \Sigma y^{r}_{\Delta P_k}\right]$$

où : k_o, k_n, k_r sont fonctions des coefficients d'élasticité des matériaux qui constituent la pile et la fondation.

X_r et L sont des dimensions longitudinales de la poutre.

R_o, R_n, R_r sont les réactions inconnues des appuis extrêmes et de l'appui de rang r.

Dans le cas où la poutre est assemblée avec les piles d'une manière invariable, la flexion de la poutre entraîne la flexion des piles, et la formule fondamentale (4) devient :

$$(4\ bis) \qquad \Sigma \alpha^{q}_{R_n} + \Sigma \alpha^{q}_{\mu_{em}} - T_q \mu_{eq} = \alpha^{q} - \left[\Sigma \alpha^{q}_{P_i} + \Sigma \alpha^{q}_{\Delta P_k}\right]$$

où :

T_q est un coefficient dépendant du degré de flexibilité de la pile de rang q ;

Et μ_{eq} le moment d'encastrement de cette pile sur la poutre.

Telle qu'on vient de la résumer, cette méthode donne le moyen de calculer, en tout état de cause, c'est-à-dire quelles que soient la nature des appuis et les liaisons de ceux-ci avec la poutre, les valeurs des réactions des appuis et des moments d'encastrement.

Dans la deuxième partie de l'étude analytique, il est établi qu'on peut déterminer les moments fléchissants aux points d'appui sans passer par le calcul préliminaire des réactions et des moments d'encastrement.

Pour cela, il suffit de regarder le moment fléchissant en un appui quelconque comme la somme algébrique du moment de charges et du moment de réactions en ce point.

Les moments de charges se calculent aisément, puisque ce sont les moments fléchissants développés, par les charges données, dans la poutre privée de ses appuis intermédiaires et de ses encastrements.

D'autre part, trois moments de réactions sur piles, consécutifs, sont toujours liés par une équation du premier degré :

1° Dans le cas de la poutre de section variable, reposant librement sur ses appuis, cette équation est :

(A)

$$\left(\varphi_r - \psi_r - \chi_r - \xi_r\right)\mu_R^{r-1} - \left(\psi_r - \xi_r + \chi_{r+1} - \xi_{r+1}\right)\mu_R^{r} + \xi_{r+1}\mu_R^{r+1} = \frac{Y_R^{r+1} - Y_R^{r}}{\delta_{r+1}} - \frac{Y_R^{r} - Y_R^{r-1}}{\delta_r}$$

dans laquelle : μ_R^{r-1}, μ_R^{r}, μ_R^{r+1} représentent trois moments de réactions consécutifs.

Les lettres φ, ψ, χ, ξ désignent des fonctions des dimensions de la poutre ; et les Y, des ordonnées qui se calculent en fonctions des charges.

Les δ sont les longueurs des deux travées consécutives.

Si la section est constante, l'équation devient :

(B)

$$\frac{1}{6\,EI}\left[\delta_r\mu_R^{r-1} + 2\left(\delta_r + \delta_{r+1}\right)\mu_R^{r} + \delta_{r+1}\mu_R^{r+1}\right] = \frac{Y_R^{r+1} - Y_R^{r}}{\delta_{r+1}} - \frac{Y_R^{r} - Y_R^{r-1}}{\delta_r}$$

le premier nombre de cette équation est le même que celui de l'équation bien connue de Clapeyron.

2° Dans le cas de la poutre encastrée sur des piles flexibles, il se produit sur chaque appui deux moments de réactions, l'un correspondant à la gauche de l'appui, l'autre à la droite. Trois moments de réactions consécutifs sont liés successivement et alternativement, depuis la gauche jusqu'à la droite de la poutre, par les deux équations :

(C) $$T_{r-1}\,\mu_{R\mu_e}^{r-1} + \left(\chi_r - \xi_r - T_{r-1}\right)\mu'^{\,r-1}_{R\mu_e} + \xi_r\mu_{R\mu_e}^{r} = V_r$$

(D) $$\left(\varphi_r - \psi_r - \chi_r + \xi_r\right)\mu'^{\,r-1}_{R\mu_e} + \left(\psi_r - \xi_r - T_r\right)\mu_{R\mu_e}^{r} + T_r\,\mu'^{\,r}_{R\mu_e} = U_r - V_r$$

dans lesquelles : les μ affectés d'un accent sont les moments de réactions à droite des appuis, les μ sans accent sont ces mêmes moments pris à gauche des appuis ; les coefficients des premiers membres des équations dépendent des dimensions de la poutre et des piles ; et les seconds membres V_r et $U_r - V_r$ sont calculables en fonction des charges.

Si la section de la poutre est constante, les équations précédentes se simplifient en devenant :

$$\text{(E)} \quad T_{r-1}\,\mu_{R\mu_e}^{r-1} + \left(\frac{\delta_r}{3\,E\,I} - T_{r-1}\right)\mu_{R\mu_e}^{\prime\,r-1} + \frac{\delta_r}{6\,E\,I}\,\mu_{R\mu_e}^{r} = V_r$$

$$\text{(G)} \quad \frac{\delta_r}{6\,E\,I}\,\mu_{R\mu_e}^{\prime\,r-1} + \left(\frac{\delta_r}{3\,E\,I} - T_r\right)\mu_{R\mu_e}^{r} + T_r\,\mu_{R\mu_e}^{\prime\,r} = U_r - V_r$$

où δ_r représente la longueur d'une travée.

On a également cherché, dans le cas où la poutre est ancrée sur les piles, l'influence de la dilatation de la poutre sur sa résistance propre et sur celle des piles : les compressions C_{v-1}, C_v, C_{v+1}, développées dans trois travées consécutives, sont liées par l'équation :

$$\text{(H)} \quad -\theta_{v-1}C_{v-1} + (\theta_v + \theta_{v+1} + \rho_v)\,C_v - \theta_v\,C_{v+1} = \delta_v\,mt$$

où les termes θ, ρ dépendent des dimensions des travées et des piles; δ_v est la longueur d'une travée, m le coefficient de dilatation et t la variation de température.

Méthode graphique. — C'est en France que l'idée de remplacer par des tracés, les calculs souvent très laborieux relatifs à l'art de l'ingénieur, a été mise en pratique, pour la première fois, par l'illustre Poncelet, auquel on est redevable des épures, devenues classiques, de la poussée des terres, de la résistance des voûtes, etc. Poncelet a jeté ainsi les fondements de cette science qu'on appelle aujourd'hui la statique graphique, science qui a pris un développement considérable, et même exagéré, en Allemagne, en Suisse, en Italie et en Angleterre.

Si d'ailleurs on remonte plus haut, on voit que, dès 1697, le mathématicien français Varignon employait, pour la composition des forces, les polygones funiculaires qui — par les propriétés remarquables dont ils jouissent — tiennent une place si importante dans la statique graphique, qu'on pourrait presque donner à celle-ci le nom de science des polygones funiculaires.

La statique graphique est donc née en France.

Aussi n'est-ce pas sans regret qu'on la voit rester stationnaire et presque abandonnée dans notre pays, tandis qu'elle rend de grands services à l'étranger, grâce aux travaux de Mohr, Culmann, Winckler et Crémona.

Nous avons dû, dans notre travail, nous inspirer de la méthode de Mohr, dont cependant nous nous écartons notablement en présentant une théorie toute différente de la sienne, et conduisant, selon nous, à des épures plus claires et plus simples.

On trouvera, dans le mémoire, la question de la poutre reposant librement sur ses appuis, et celle de la poutre encastrée sur ses appuis, d'abord dans le cas où la section est constante, puis dans le cas où elle est variable.

La méthode reste fondée sur les trois principes d'où l'on a précédemment déduit la méthode analytique.

C'est ainsi qu'on regarde encore le moment fléchissant sur une pile comme la somme de deux termes déterminés séparément : l'un est le moment de charges, l'autre le moment de réactions sur cette pile.

Il est impossible de songer à entrer ici dans le détail des constructions, qui, bien que simples en elles-mêmes, demandent un certain temps pour être exposées. Aussi, pour ne pas abuser davantage d'une trop bienveillante attention, M. de Fontviolant doit se borner à indiquer à grands traits la marche suivie :

Le tracé d'un des polygones funiculaires correspondant aux charges données, — auquel on peut donner le nom de premier polygone funiculaire des charges, — fait connaître le moment de charges en chaque point de la poutre, c'est-à-dire le premier terme de l'expression du moment fléchissant.

L'évaluation du deuxième terme, ou moment de réactions, exige que l'on fasse intervenir les déformations de la poutre : à cet effet, le tracé d'un deuxième polygone funiculaire, — appelé deuxième polygone funiculaire des charges, — détermine, pour les points de la ligne moyenne situés à l'aplomb des appuis, l'inclinaison de charges et l'ordonnée de charges.

L'ordonnée de réactions en chaque appui se construit alors comme différence algébrique de l'ordonnée définitive connue de l'appui, et de l'ordonnée de charges en cet appui.

Les ordonnées de réactions étant évaluées, le problème est ramené au suivant :

« Étant données les ordonnées prises par la ligne moyenne fléchie d'une poutre continue, aux points d'application d'un certain nombre de forces inconnues qui portent le nom de réactions, on demande de déterminer quelles sont les intensités de ces forces, ou plutôt quels sont, en tous les points de la poutre, les moments fléchissants engendrés par ces forces, c'est-à-dire les moments de réactions. »

La solution est donnée par la construction d'un polygone funiculaire dont la forme dépend des valeurs des ordonnées de réactions. — Ce polygone, appelé deuxième polygone funiculaire des réactions, jouit de propriétés remarquables qui donnent le moyen de le construire :

La plus importante est celle relative à une série de points fixes, dont s'est servi pour la première fois M. Mohr dans ses contructions graphiques, et dont l'existence a été signalée analytiquement par M. Bresse. Cette série de points fixes est, en effet, pour ainsi dire, l'expression géométrique de la loi de décroissance des moments fléchissants sur piles, depuis les piles adjacentes à une travée seule surchargée d'une poutre continue, jusqu'aux piles extrêmes.

Connaissant maintenant les deux termes, moment de charges et moment de réactions en chaque point, il suffit d'en former la somme algébrique pour obtenir les moments fléchissants, c'est-à-dire de cumuler, en tenant compte de leurs signes respectifs, les ordonnées du diagramme des

moments de charges et celles du diagramme des moments de réactions.

Il faut avouer que, réduite à ce qu'on vient de dire, la méthode est d'une application difficile, parce qu'il entre dans les épures des lignes très grandes relativement aux longueurs qui représentent les résultats. Aussi, — dans un complément de méthode graphique, — a-t-on apporté un correctif très simple qui fait disparaître cet inconvénient.

M. de Fontviolant ajoute qu'il a consacré quelques lignes à la détermination graphique des efforts tranchants, pour laquelle il n'a pu mieux faire que d'indiquer le tracé donné dans les ouvrages de Culmann, Winckler, etc.....

Enfin, il a terminé par une application de chacune des deux méthodes qu'il vient d'avoir l'honneur de soumettre à la Société.

M. le Président remercie M. Bertrand de Fontviolant de sa très intéressante communication qui peut paraître un peu aride, par suite d'une exposition forcément sommaire devant une assemblée qui n'a pas le mémoire entre les mains; mais qui rendra certainement de grands services aux personnes qui s'occupent de la construction des ponts, lorsque ce mémoire aura été imprimé. Cette méthode, très complète, est une application fort heureuse du principe de la superposition des effets des forces, et elle nous a été présentée avec un véritable talent.

L'ordre du jour appelle la *discussion sur le projet de Métropolitain à voies superposées de M. Jules Garnier*. La parole est à M. Émile Level, qui a quelques observations générales à présenter.

M. Émile Level est heureux que notre confrère M. Garnier, en exposant son système de chemin de fer aérien, ait appelé de nouveau l'attention de la Société sur la grave question du Métropolitain de Paris, surtout au moment où le projet qui a fait l'objet d'une demande en concession est très menacé. Ce n'est plus aujourd'hui un secret pour personne, et M. Level s'en félicite, car il l'a toujours vivement combattu. Le moment paraît opportun pour reprendre, à un nouveau point de vue, cette question devant la Société des Ingénieurs civils. M. Level propose donc, si tel est l'avis de M. le Président et de nos collègues, de revenir un peu en arrière, à l'occasion de la discussion qui va s'ouvrir, sur ce sujet si intéressant pour la population parisienne, en se fondant sur ce fait, que le Métropolitain souterrain, tel qu'il était projeté, a rencontré peu de sympathies. Si le conseil municipal l'a voté, c'est qu'il était difficile à cette assemblée de ne pas accepter un projet qui, au moment où il lui a été présenté, ne comportait ni subvention ni garantie d'intérêt. Mais, puisqu'il est difficile de marier le Métropolitain souterrain avec les voies de transport actuellement existantes, et qu'au contraire ceux projetés par M. Garnier et M. Haag, compléteraient heureusement les moyens de circulation que nous possédons déjà, M. Level pense qu'il est de l'intérêt de la Société de remettre en lumière la question du Métropolitain, que l'on peut discuter aujourd'hui avec de nouveaux éléments et sous un autre point de vue.

M. le Président, en ouvrant la discussion sur le projet de M. Garnier,

laisse, comme le désire M. Level, le champ libre aux orateurs qui, après avoir fait sur ce projet les observations auxquelles il peut donner lieu, désireraient faire ressortir les avantages et les inconvénients des autres systèmes. C'est d'ailleurs l'usage, dans notre Société, d'élargir le cercle de la discussion, pour lui laisser toute l'ampleur que comporte l'importance du sujet traité.

La parole est à M. Lantrac, pour les indications complémentaires dont il veut faire suivre l'exposé de M. Georges Salomon.

M. Lantrac rappelle qu'il a été empêché d'assister à la séance du 6 février, et que M. Georges Salomon a bien voulu rendre compte, avec autant de compétence qu'il aurait pu le faire lui-même, du système de M. Garnier. M. Lantrac se propose seulement d'ajouter quelques explications au sujet du tracé de réseau.

Dans l'origine on avait posé en principe, dans le but de supprimer les causes d'accidents, que, sur tout le parcours du Métropolitain, il n'y aurait ni croisement, ni changement de voie. On évitait ainsi toute chance d'accident; mais c'était une très grande sujétion pour composer un réseau aussi complexe que celui de Paris. En suivant au contraire l'exemple de Londres, où l'on n'a pas craint de faire de nombreux changements de voies et de fréquents croisements, on peut arriver à un tracé beaucoup plus satisfaisant et à une exploitation plus rationnelle.

M. Lantrac explique que le tracé primitif partait de la porte Maillot, empruntait l'avenue de la Grande-Armée, tournait à l'arc de triomphe, prenait le boulevard Haussmann, les grands boulevards, la place de la Bastille, et revenait par les boulevards du sud à l'esplanade des Invalides. Il formait ainsi une boucle non fermée, avec interruption entre le bois de Boulogne et l'esplanade des Invalides. Cette lacune était grave au point de vue de l'exploitation, puisqu'il fallait trouver le moyen de passer de la voie supérieure à la voie inférieure. On pensa alors à poursuivre le tracé, en suivant, à partir de l'esplanade des Invalides, la grande avenue qui aboutit au pont de l'Alma et l'avenue du Trocadéro qui conduit à la station du Trocadéro de la ligne de ceinture. Là, on peut se raccorder avec l'origine du réseau en suivant les fortifications. De cette manière, la boucle est fermée et la difficulté disparaît.

Dans le projet primitif, le nombre des trains était constant, c'est-à-dire qu'un train partant d'un terminus devait arriver à l'autre terminus pour revenir en sens opposé. Les parties les plus actives de Paris n'étaient donc pas mieux desservies que les autres. Mais si l'on suppose que plusieurs artères secondaires viennent se raccorder sur la boucle décrite ou sur l'artère principale, un train partant, par exemple, du bois de Boulogne, pourra suivre à volonté l'embranchement ou l'artère principale. Il sera donc très facile de desservir les tronçons à l'aide de trains moins nombreux, et de proportionner précisément le nombre des trains au nombre des voyageurs.

M. Lantrac montre que le Métropolitain de M. Garnier peut se raccor-

der convenablement avec les grandes lignes existantes, de manière à établir, à l'instar de Londres, des communications directes par rails entre tous les points qu'il dessert dans Paris et la banlieue desservie elle-même par les grandes compagnies.

Il remarque, à cet égard, que la situation de la plupart des gares actuelles est très favorable à des raccordements avec la ligne aérienne, notamment en ce qui concerne la gare Saint-Lazare, les gares de l'Est, de Vincennes, de Lyon, de Sceaux et la gare Montparnasse, pour lesquelles le niveau des rails se trouve à bonne hauteur au-dessus du sol environnant. Aux gares du Nord et d'Orléans, où le niveau des rails est peu élevé, il y a quelques difficultés; mais ces difficultés peuvent être levées. Il suffit, au maximum, d'une longueur de 450 mètres pour racheter la hauteur de la voie supérieure du viaduc de M. Garnier, et d'une longueur de 250 mètres seulement pour racheter la hauteur de sa voie inférieure.

On objectera sans doute que, en vue de ces raccordements, le viaduc doit avoir une hauteur et une largeur suffisantes pour livrer passage au grand matériel. L'objection ne peut porter que sur la voie inférieure, limitée dans les deux sens, tandis que l'espace n'est limité, à la voie supérieure, ni en hauteur ni en largeur. Il y aurait peut-être lieu d'élever et d'élargir le viaduc dans une faible mesure.

Mais, dans tous les cas, les machines des grandes lignes ne pourront jamais circuler sur le Métropolitain, puisqu'elles donnent de la vapeur et de la fumée. Il faudra donc des machines spéciales pouvant stationner dans chaque gare sans incommoder le voisinage. Quant aux wagons, et pour plusieurs raisons, les grandes compagnies qui ont déjà, en général, un matériel spécial pour la banlieue, seraient amenées à adopter, pour cette exploitation, des wagons disposés comme ceux du Métropolitain; mais, lors même que les grandes compagnies voudraient conserver leurs wagons ordinaires, le nouveau tracé adopté permettrait de leur donner satisfaction.

Ce nouveau tracé a un développement total de 28 800 mètres. Il surpasse donc le tracé primitif de 1 300 mètres ; ce qui accroîtra la dépense de 2 500 000 francs, ou plutôt, à cause de la plus grande importance à donner aux stations, de cinq millions. Les frais d'exploitation seront aussi plus considérables. Mais ces dépenses supplémentaires pourront, sans aucun doute, être largement couvertes par les redevances payées par les grandes compagnies pour faire circuler leurs trains de banlieue sur les lignes du Métropolitain.

M. Lantrac appelle l'attention de la Société sur un avantage particulier au système exposé : il est, pour ainsi dire, *amovible*. Les travées de 40 mètres reposant sur des piliers métalliques, on peut enlever les travées tout d'un bloc ainsi que les piliers, et les reporter sur un autre point. Il n'y a de perdu que les fondations. Cette propriété du système peut être utilisée pour toute modification dans le parcours qui serait reconnue indispensable, et lève bien des objections. Elle autorise le raisonnement

suivant : construisons ces lignes aériennes économiques et qu'on peut installer rapidement ; si elles ne rendent pas tous les services qu'on en attendait dans les artères où elles seront établies, on aura toujours la ressource de les utiliser sur d'autres points.

M. Lantrac ajoute que le faible prix de revient de la construction et le délai relativement court dans lequel elle peut être établie, militent aussi beaucoup en sa faveur. Les autres systèmes, et surtout le Métropolitain souterrain, coûteraient beaucoup plus cher. Les économies réalisées par l'adoption du viaduc de M. Garnier atteindraient bientôt un chiffre suffisant pour reconstituer le capital dépensé, et permettraient, s'il y avait lieu, d'adopter une autre solution sans grever le trésor public. En tous cas, et en attendant l'exécution du Métropolitain idéal qui ne soulèvera aucune objection, la population parisienne jouirait enfin d'un moyen de transport rapide et économique, instamment réclamé par elle.

Il y a là une idée analogue à celle qu'émettait ici même, en 1868, notre éminent collègue, M. Nordling, en donnant la description des grands viaducs à piles métalliques qu'il a fait construire dans le centre de la France, sur la ligne de Gannat à Montluçon. « Si mes viaducs métalliques sont moins durables, répondait-il à M. Morandiere, qui tenait pour la maçonnerie d'une durée presque illimitée, je pourrai par contre, avec les économies que je réalise sur l'autre système, reconstruire mes ouvrages tous les vingt-cinq ans, si c'est nécessaire, en profitant de tous les progrès acquis. »

M. Lantrac voit donc un grand avantage, dans cet ordre d'idées, à l'emploi de la construction métallique, que l'on pourra toujours, un jour ou l'autre, remplacer par une construction plus durable. Il se tient d'ailleurs à la disposition des membres qui auraient quelques explications complémentaires à demander.

M. le Président remercie M. Lantrac de l'addition qu'il vient de faire à l'exposé du système de M. Garnier, et donne la parole à M. Aug. Moreau.

M. Auguste Moreau dit que cette question du Métropolitain de Paris se trouve véritablement aujourd'hui dans une situation singulière. Tous les jours on voit des personnes et certains journaux affirmer que la chose est faite, que la concession est signée et que l'affaire ne peut tarder de venir aux Chambres. Et cependant elle tarde toujours à entrer dans la phase définitive d'exécution, ce qui en autorise d'autres à affirmer qu'il n'y a rien de fait, que tout est remis en question et qu'une solution définitive est loin d'être sur le point d'être adoptée. Quant au grand public, il ne comprend absolument rien à ces tergiversations qui constituent un véritable imbroglio et il se divise également en personnes qui croient que l'on va incessamment donner les premiers coups de pioche, et en d'autres qui affirment hautement que la question est enterrée pour longtemps ou pour jamais. Nous ne serions vraiment pas fâché, pour notre part, de connaître le point exact où en sont les choses et de savoir si ce chemin, tel qu'il est compris par la convention que l'on prétend signée par le ministre, est con-

cédé ou non. — Dans tous les cas, cette convention a été publiée. Nous pouvons donc l'examiner et discuter le projet qui s'y rapporte. Cela est d'autant plus pressant que, s'il y a un temps d'arrêt en ce moment dans les négociations, le ministre peut revenir sur son indécision et tenter de faire accepter le projet souterrain par les Chambres ; il y a donc opportunité, ou pour mieux dire urgence, à discuter la question.

M. Aug. Moreau partage sur un grand nombre de points les opinions émises par notre collègue M. Jules Garnier. Comme lui et comme notre éminent président, M. de Comberousse, il est résolument partisan du chemin de fer métropolitain aérien, et, comme ces messieurs, il pense que le projet souterrain serait à Paris une grosse erreur devant entraîner des mécomptes incalculables et des désastres financiers qui rejailliraient toujours sur les contribuables. Il y a à la vérité des compagnies qui affirment accepter la concession sans subvention ni garantie d'intérêts : nous ne pouvons comprendre comment de pareilles propositions peuvent être faites sérieusement ; on est de bonne foi, sans doute, et l'on a bien formellement l'intention de tenir ses promesses, mais le pourra-t-on ? ou bien est-ce qu'on n'espère pas toujours arriver à obtenir l'appui de l'État ou de la ville par un moyen indirect, si l'on ne demande rien en apparence ? C'est ce qui sera examiné tout à l'heure de plus près. Voici, par exemple, la convention élaborée par un groupe de financiers, dont les éléments, dit-on, ne sont d'ailleurs déjà plus d'accord, et qui aurait réussi à obtenir la signature du ministre des travaux publics en attendant la ratification des Chambres.

Sous une forme en apparence peu compromettante, cette convention engage, de la façon la plus grave et la plus préjudiciable à l'intérêt public, les finances et la responsabilité de l'État.

D'abord cette convention a été signée un peu précipitamment. Toutes les personnes compétentes et désintéressées qui suivent depuis longtemps la question du Métropolitain de Paris savent combien elle a encore aujourd'hui besoin d'être étudiée, et ont appris avec le plus grand étonnement qu'elle avait été tranchée d'une façon aussi subite et aussi inattendue.

On peut, en effet, être à bon droit surpris de voir le ministre prendre une détermination aussi prompte et aussi énergique, sans que le projet, d'ailleurs très sommairement étudié, qui sert de base à cette convention, ait été l'objet d'aucune enquête sérieuse.

Le titre Ier de la loi du 3 mai 1841 porte en effet que, pour les entreprises d'intérêt général ayant caractère d'utilité publique, la durée de l'enquête préalable peut varier de un mois à quatre mois. Or, s'il fut jamais une entreprise présentant au plus haut degré ce caractère de gravité qui exige l'enquête la plus longue possible, c'est bien certainement celle du chemin de fer métropolitain de Paris. On pouvait donc regretter que la loi ne permît point de faire durer l'enquête plus longtemps, six mois au moins, par

exemple ; ce n'eût certes pas été trop, étant donnés l'importance des intérêts en jeu et les nombreux problèmes techniques et économiques soulevés ! Au lieu de cela, l'Administration trouve que le délai de quatre mois est lui-même beaucoup trop long, et la durée de l'enquête est fixée, non pas même à trois ni à deux mois, mais à *un mois* (du 15 février au 15 mars 1882) ! Franchement, c'est traiter bien légèrement une question qui avait, plus que toute autre, besoin d'être très approfondie ; on est donc en droit de conclure que la période d'élaboration n'a pas été suffisante. A peine les registres d'enquête étaient-ils ouverts, qu'ils ont été refermés : de là le peu d'observations produites contre un projet dont l'exécution soulevait cependant dans le monde des ingénieurs les objections les plus motivées, et dans le public parisien, en général, une antipathie des plus marquées.

En vain s'est-on retranché derrière le conseil général des ponts et chaussées et le ministre de la guerre, et a-t-on prétendu qu'ils avaient tous deux donné un avis favorable. Cela est absolument inexact.

Le conseil des ponts et chaussées appelé à donner son avis sur le *seul* projet qui fait l'objet de la convention actuelle, après avoir énoncé les réserves les plus expresses, tant au sujet de la possibilité d'exécution et d'exploitation que pour l'évaluation exagérée des recettes, a cherché à dégager autant que possible la responsabilité de l'État dans cette entreprise en déclarant que le chemin de fer ainsi compris devait être considéré comme d'intérêt purement local. Il y avait donc lieu, d'après lui, d'en confier l'exécution à la seule ville de Paris, l'État n'y contribuant plus que dans les limites prévues par la loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local.

Voici en effet quelques échantillons de l'enthousiasme du conseil général des ponts et chaussées pour le projet en question.

Dans le rapport de M. l'inspecteur général Fremaux, rapport qui fait cependant tous ses efforts pour être favorable, voici ce que l'on trouve au sujet du dossier soumis à l'examen de cette assemblée.

« Cela posé, nous ferons remarquer, au sujet des conditions techniques de l'avant-projet, que le dossier ne contient, pour chaque ligne, qu'un plan avec profil en long et une estimation sommaire avec un dessin donnant le profil en travers du type de la voie, et les différents types de souterrains, et qu'il est *insuffisant* pour qu'on puisse se rendre compte des difficultés d'exécution du Métropolitain, de la manière dont les stations seront établies et comment on donnera du jour aux souterrains pour les aérer et les éclairer dans les parties où l'on parle vaguement d'ouvrages spéciaux à construire. »

Et plus loin, à propos de l'aérage, nous lisons encore :

« On peut douter que ces cheminées d'aérage, qui n'ont pas de hauteur et sont analogues à des soupiraux de cave, soient bien efficaces. Dans tous les cas, cette efficacité n'est pas démontrée. Quant aux jours spéciaux, on n'indique pas non plus comment ils seront établis, de manière à produire une ventilation suffisante. »

Enfin, après avoir fait remarquer que de toutes façons il faudra de larges ouvertures, surtout aux stations, le rapporteur ajoute :

« C'est ce qu'ont senti eux-mêmes les auteurs de l'avant-projet quand ils ont indiqué, par exemple, sur le profil en long de la ligne principale de Puteaux à Reuilly, comme devant être à ciel ouvert dans l'intérieur de Paris, les stations de Courcelles-Batignolles, de la Bourse, de Montorgueil, du Conservatoire, de la place de la République et de la Bastille. Seulement parmi ces six stations, il y en a quatre qui ne semblent pouvoir être exécutées qu'à la condition de dévier le tracé sur le côté de la chaussée, déviations extrêmement coûteuses, *dont il n'est pas question dans l'avant-projet.* »

Cela peut donner déjà une idée de la façon dont ont été dressés les devis.

D'ailleurs on y revient plus loin à propos du prix, fantastique comme bon marché, auquel est évalué le kilomètre en tunnel, 3 618 000 francs !

« Toutes ces estimations, dit le rapport, paraissent INSUFFISANTES à M. Villiers du Terrage, et *nous sommes d'autant plus de son avis* que depuis 1872, époque à laquelle des ingénieurs très compétents estimaient à 4 millions par kilomètre et même plus, la construction du chemin de fer métropolitain, la main-d'œuvre et le prix des matériaux ont augmenté d'au moins 30 pour 100. Des études plus récentes du service municipal de Paris ont des résultats beaucoup plus élevés, 5 à 7 millions par kilomètre. »

Et plus bas :

« M. Villiers du Terrage est convaincu que le prix du Métropolitain ne sera pas inférieur à 6 millions par kilomètre dans Paris, et 3 millions dans la banlieue. »

Nous donnerons d'ailleurs plus loin notre opinion personnelle sur ce coût kilométrique.

Ailleurs, des résumés sont faits sur les évaluations exagérées et fantaisistes du trafic probable qui doit être laissé sous l'entière responsabilité de la compagnie.

Enfin, la traction, l'exploitation, suscitent encore des doutes et des craintes de la part du conseil qui dit à ce sujet :

« Qu'en ce qui concerne le système de traction à employer, il faut compter sur les perfectionnements encore à venir, et que, pour la disposition des stations et l'aérage des souterrains, il y a à faire des études de détail pouvant nécessiter des combinaisons plus dispendieuses que ne le suppose l'avant-projet soumis à l'enquête. »

En résumé, le conseil désirait vivement se débarrasser de ce projet compromettant en le faisant classer d'intérêt local.

C'est en effet dans ces conditions que l'entreprise devait d'abord être exécutée par le conseil municipal de Paris et le conseil général de la Seine. C'est alors que le ministre, voulant se réserver l'exécution de cette entreprise, la renvoya au conseil d'État qui la classa *ab jove* d'intérêt général ; mais le projet ne fut pas soumis à un nouvel examen, cependant utile, du

conseil général des ponts et chaussées, qui en est donc en somme, comme responsabilité, resté sur sa première décision.

Peut-être nous objectera-t-on que nous nous trompons et que le conseil général des ponts et chaussées a parfaitement donné un avis favorable ; nous avouons que nous ne serions pas fâché d'avoir sur ce point un démenti catégorique émanant de cette assemblée elle-même, et de savoir d'une façon très précise si, oui ou non, elle entend assumer la responsabilité pleine et entière d'un pareil projet.

Le ministère de la guerre, consulté à son tour, et qu'on a aussi mis en avant, a donné un avis d'après lequel M. le ministre de la guerre ne pouvait adhérer au projet qu'aux conditions suivantes :

1° Il sera établi des dispositifs de mines au pont de la Seine et au tunnel projeté sous les fortifications.

2° La compagnie concessionnaire prendra l'engagement de démolir ses travaux à la première réquisition de l'autorité militaire.

En résumé le chemin de fer devra être détruit au premier signal. Tel est l'intérêt stratégique et militaire que les officiers du génie attachent à l'œuvre projetée.

L'unique raison qu'on ait alléguée, la seule qu'on pût alléguer effectivement, c'est que ce projet ne devait rien coûter à l'État. *Ni subvention, ni garantie,* tel est le prétexte qui a servi à étouffer toute discussion importune.

M. Auguste Moreau pense, à ce sujet, qu'il est surabondamment démontré pour toute personne désintéressée et compétente que le Métropolitain souterrain, moins que tout autre, peut être exécuté sans une subvention ou une garantie d'intérêt. A défaut d'autres preuves, l'exemple de Londres, où après de longues années d'exercice, le revenu moyen du chemin de fer souterrain atteint à peine 2 1/2 pour 100, suffirait pour le prouver d'une façon concluante. Encore le Métropolitain anglais est-il largement alimenté par des marchandises qui seront beaucoup moins transportées à Paris, surtout en souterrain. Les voyageurs ne suffiraient pas pour faire vivre le Métropolitain de Londres, et cependant on se déplace beaucoup plus à Londres qu'à Paris, la plupart des commerçants et des hommes d'affaires ayant leur domicile loin de la Cité, dans des régions qui correspondent pour Paris à ce que nous appelons la banlieue suburbaine.

Dans ces conditions, il semble au moins étrange qu'une société sérieuse ayant quelque soin de ses intérêts ou de ceux du public, puisse solliciter, sur un avant-projet à peine étudié, une concession qui équivaudrait à la ruine de ses actionnaires.

Il y a là un mystère qui mérite d'être éclairci; mais en examinant attentivement la convention, on trouve assez facilement le mot de l'énigme. Supposons en effet que cette convention soit ratifiée; qu'arrive-t-il fatalement ?

La compagnie cherche à constituer le capital qu'elle croit suffisant, et grâce à l'*appui moral que lui donne l'État*, en faisant approuver la con-

cession par les Chambres, il est possible que les souscripteurs répondent en partie à l'appel qui sera fait à leur bourse.

Les travaux commencent sans difficulté, au grand bénéfice de certains propriétaires de terrains qui se trouvent spécialement dans la banlieue de Puteaux. Mais ira-t-on bien loin? Les *difficultés d'exécution* permettent d'affirmer le contraire.

M. Auguste Moreau pense que, sans s'arrêter aux évaluations par trop sommaires des avant-projets accompagnant cette convention, qui assimilent la création d'un chemin de fer *à celui d'un simple égout* et parlent d'une dépense de 3 à 4 millions par kilomètre, on peut citer encore ici l'exemple de Londres — si frappant pour l'exécution d'une œuvre similaire — et où l'achèvement du Métropolitain souterrain coûte en ce moment même plus de 48 millions par kilomètre dans la Cité, la seule région comparable à la ville de Paris; tout le reste du développement de l'Inner Circle s'étendant en effet dans cette sorte de banlieue, dont nous parlions plus haut, analogue à Suresnes, Puteaux, etc., qu'on appelle toujours Londres, mais qui est en réalité la campagne, avec la suppression de toutes les difficultés que l'on rencontre en ville pour l'exécution d'un chemin de fer souterrain. Ce chiffre de 48 millions, cité par M. Huet, sous-directeur des travaux de Paris, dans son rapport inséré au *Bulletin municipal officiel* de la ville, a été, savons-nous, encore dépassé l'année dernière.

Alors le dilemme suivant s'imposera : ou l'État laissera prononcer la faillite de la société, se réservant d'employer le minime cautionnement dont il sera détenteur à remettre en état les rues et les boulevards qu'un commencement d'exécution aura bouleversés en pure perte. Ou bien plutôt, sentant tout le poids de la responsabilité qu'il aura assumée, et voulant éviter la ruine de tous les porteurs de titres, il sera amené à intervenir financièrement, comme il l'a fait en 1878, au moment du rachat des compagnies secondaires.

Cette éventualité semble d'ailleurs avoir été prévue, et c'est sur ce point que nous désirons appeler spécialement l'attention d'un corps compétent comme la Société des Ingénieurs civils et des Chambres qui seront appelées à voter cette convention.

Nous trouvons en effet, dans celle-ci, l'article suivant :

« *Le second réseau est concédé éventuellement et ne doit être construit que lorsque les revenus du premier auront donné au capital-actions un intérêt de* 6 *pour* 100. *Cependant le Gouvernement se réserve le droit d'obliger, à tout moment, la Compagnie à construire le second réseau, à la condition de donner une garantie de* 4 *pour* 100 *à l'*ensemble *des capitaux engagés tant sur le premier réseau que sur le second.* »

Si l'on écarte l'hypothèse un peu fantaisiste d'un rendement de 6 pour 100, on voit que cet article qui, au premier abord, n'a l'air de rien est une porte toute grande ouverte aux subventions ou garanties qu'on se trouvera moralement forcé de donner dans l'avenir.

Primitivement, lorsque la ville croyait être elle-même maîtresse de don-

ner la concession, son intention était de donner au second réseau, si l'on obligeait la compagnie à le construire, une garantie de 4 pour 100 portant exclusivement sur ce second réseau. L'intervention de l'État a réalisé un singulier progrès dans toute cette affaire, et a amené un effet rétroactif de garantie qui ne s'explique véritablement en aucune façon. Dans tous les cas, la compagnie devant voir toutes ses lignes munies de la garantie d'intérêt aussitôt qu'elle se verra obligé de construire un deuxième réseau, nul doute qu'elle ne se fasse faire une douce violence pour arriver à ce résultat si conforme à ses intérêts.

Il est certain que, après la construction d'une première ligne métropolitaine, toutes les populations, jusque-là déshéritées, réclameront une extension de réseau, et que l'État peut se trouver très facilement, et peut-être malgré lui, entraîné à décréter la construction des lignes qu'il considérait au premier abord comme secondaires et dépourvues d'urgence. Or, n'oublions pas que, dans ce cas, il s'engage à donner la garantie d'intérêt non seulement à ces dernières lignes moins productives, mais même à la première qui en était privée jusque-là et pour laquelle la compagnie concessionnaire prétendait pouvoir s'en passer.

Mais supposons que l'État soit récalcitrant, et qu'il ne veuille pas faire construire les lignes du second réseau, ne sera-t-il pas toujours très facile de lui forcer la main et de préparer par des conférences, par la presse, par une propagande active, le mouvement qui pèsera sur ses décisions et aura bien des chances de le pousser malgré lui dans une voie qu'il n'aurait pas, de lui-même, voulu suivre?

M. Auguste Moreau pense donc qu'il y a là un véritable danger sur lequel il ne saurait trop attirer l'attention de tous. En somme, la gratuité présentée par la convention n'est qu'apparente : grâce au fameux article précité, l'État peut être entraîné *on ne sait où, car il est impossible, dans une œuvre pareille, d'assigner une limite certaine à la dépense.*

Telles sont, en substance, les graves objections que soulève le chemin de fer métropolitain adopté par l'Administration et qu'on dit avoir été concédé par le Ministre en attendant qu'il soit accepté par les Chambres. C'est à celles-ci surtout de bien juger avant de conclure : M. Auguste Moreau a cru utile, tant pour la sauvegarde de l'épargne française, déjà si éprouvée, que pour la défense des intérêts moraux et financiers de l'État, de soumettre ces considérations à leurs méditations les plus sérieuses.

M. le Président remercie M. Aug. Moreau de ses observations et donne la parole à M. Brüll.

M. Brüll n'a aucune objection à faire au projet de M. Garnier; il en adopte au contraire le principe, et croit au désir de la population parisienne d'avoir un chemin de fer aérien; il approuve également l'idée ingénieuse de superposer les deux voies. Il voudrait seulement poser une question : Quel est le système de traction auquel les auteurs donnent la préférence?

Le mode de traction, qu'ils ont laissé indéterminé, semble à M. Brüll avoir une influence directe sur la construction même du chemin; ainsi, dans

certains quartiers qui seront traversés par le chemin de fer de M. Garnier, il y a de fortes rampes sur le sol ; celles de 0m,04, 0m,05 et 0m,06 ne sont pas sans exemple à Paris. Or il est difficile d'admettre que les locomotives ordinaires puissent remorquer ces rampes avec des charges un peu considérables et à une vitesse raisonnable. La hauteur libre admise sous le viaduc (peut-être un peu faible d'ailleurs à cause du passage des omnibus sur lesquels les voyageurs peuvent se tenir debout ou de celui des lourdes voitures à chargements élevés), est de 4m,50. En partant de cette donnée, et de la pente admise pour la voie ferrée, on peut se rendre compte de la hauteur à laquelle le viaduc devrait atteindre dans les parties du sol très inclinées.

En examinant le profil en long, M. Brüll a trouvé plusieurs points critiques qu'il demande la permission de citer. Ainsi, entre la Sorbonne et la place Saint-Michel, la pente, sur 425 mètres de longueur, est de 30 millimètres par mètre. Le projet admet là, pour le chemin de fer, une pente de 20 millimètres par mètre ; ce qui est déjà un chiffre élevé pour les locomotives. On arrive, par suite, à un pilier de 11 mètres de hauteur au boulevard Saint-Germain. Entre la station des Gobelins et le carrefour de l'Observatoire, la chaussée, plus inclinée encore, oblige, rue de Lourcine, à un pilier sur lequel le rail serait à 11m,50 au-dessus du sol ; la voie supérieure serait donc à 15m,50 au-dessus du sol. M. Brüll se demande s'il est prudent de faire circuler dans les rues d'une ville des trains à une hauteur semblable, sur un viaduc comme celui qui nous a été décrit ; ou bien, si l'on ne pourrait pas avoir recours à un système qui permettrait de suivre de plus près le profil des chaussées.

M. Lantrac répond que la hauteur de 11 mètres n'a rien d'effrayant par elle-même, surtout si on considère qu'elle n'existe que sur un très faible parcours, qui n'est pas, à la place Saint-Michel, par exemple, supérieur à une centaine de mètres. Les pentes maxima de 20 millimètres admises pour la voie n'ont rien d'exagéré ; à Londres, on atteint 27 millimètres et l'exploitation s'y fait par des locomotives ordinaires. D'ailleurs, la vitesse des trains sera toujours forcément réduite : 20 kilomètres en moyenne, et 30 à 40 kilomètres en marche pour des trains de 120 tonnes ; on a d'ailleurs réduit la vitesse sur les parcours en forte rampe qui ne forment qu'une faible longueur du réseau.

M. Jules Garnier ajoute quelques mots à ce que vient de dire M. Lantrac ; la hauteur de 11 mètres pour les piliers est de beaucoup dépassée à New-York, où l'on atteint 27 mètres dans certains points, et sur des longueurs beaucoup plus grandes. Au point de vue des pentes, tout le monde connaît l'exemple de la rampe de Saint-Germain, de 35 millimètres par mètre sur 1 000 mètres de longueur.

M. Brüll a dit que M. Garnier ne s'était pas prononcé sur le mode de traction à adopter ; c'est à dessein qu'il l'a fait, et sa réserve à cet égard s'explique par la pensée qu'il doit appartenir à la commission qui sera chargée d'étudier cette question, de prendre une décision à ce sujet. Néanmoins, puisque la question est posée, M. Garnier y répondra.

Il écarte d'abord les locomotives ordinaires, à cause de la fumée et de la vapeur d'échappement qu'il est toujours difficile de condenser complètement. L'électricité paraît être encore dans l'enfance; ses progrès peuvent être rapides, mais il restera toujours la question de l'influence atmosphérique dans les temps orageux, qui pourrait bien nuire à la régularité du fonctionnement. Viennent ensuite les locomotives à air comprimé, système Mékarski, et celles sans foyer, système Léon Francq; la comparaison en a été faite, les avantages et inconvénients débattus longuement et à maintes reprises devant la Société, il n'y a donc pas lieu d'y revenir.

M. Jules Garnier signale seulement une infériorité des machines Francq : c'est qu'il faut les employer dès qu'elles sont prêtes, sous peine de voir la chaleur se disperser, et le travail se perdre. Les récents renseignements obtenus sur la machine Hõnigmann, dont M. Garnier a déjà parlé, semblent prouver que c'est un moteur qui fournit un excellent service. Enfin, reste la traction par câble; les derniers perfectionnements qu'a reçus ce système en font un procédé vraiment complet. M. Garnier pense que M. Brüll, dans sa question, y a fait allusion, et a pu regretter que ce système, vers lequel il a dirigé ses études, n'ait pas été signalé; M. Garnier ne manquera pas de l'ajouter à la nomenclature que contiendra son mémoire.

M. Brüll répond qu'en signalant le manque d'indication relative au moteur dans le projet de M. Garnier, il a omis de dire que ce reproche s'adresse également à tous les projets de métropolitains. Il croit que tout projet de chemin de fer nécessite le choix du moyen de traction. De toute façon, que l'on soit au-dessus ou au-dessous du sol, il faudra se rapprocher de son profil; on est ainsi conduit à des rampes assez importantes; celle de 20 millimètres, bien qu'elle ait été dépassée dans beaucoup de cas, est cependant assez élevée pour des locomotives.

M. Brüll a déjà eu l'occasion d'entretenir la Société, des chemins de fer aériens de San-Francisco et de Chicago, où il y a des pentes de 10 à 11 pour 100. Ces chemins à câble, dans les rues des villes, fonctionnent avec beaucoup de sécurité, de commodité et de douceur pour les voyageurs; ils permettent une circulation très active, et la grande fréquence des trains est une des conditions essentielles d'un bon service; elle est plutôt à considérer que la vitesse, qui n'a pas besoin d'atteindre 30 ou 40 kilomètres à l'heure; M. Brüll engage donc les auteurs des projets de chemins métropolitains à étudier la question de la traction par câbles américains.

M. le Président dit que la discussion a porté jusqu'ici sur la question générale et sur le projet de M. Garnier; il croit devoir donner la parole à M. Hersent, qui a quelques observations spéciales à présenter sur le Métropolitain souterrain.

M. Hersent pense que la population parisienne n'est pas habituée aux passages supérieurs qui encombreraient la circulation déjà très active de notre cité; aussi n'adopterait-elle pas plus facilement la solution aérienne. La solution souterraine présente des inconvénients et exigerait de grandes dépenses. C'est un fait que tout le monde reconnaît; mais elle déga-

gerait mieux la circulation encombrée des rues, et on a probablement exagéré l'importance de ces dépenses; car, en somme, la construction d'un tunnel souterrain ne présente pas plus de difficulté et ne créerait pas une plus grande gêne que celle d'un égout de grande section. Les rues seraient momentanément embarrassées, comme lorsqu'on travaille aux égouts.

M. Hersent pense que la première question serait de savoir, au moyen d'une enquête, quelles sont les préférences de la population et de l'édilité parisiennes pour l'une ou l'autre des deux solutions. Puisque M. Moreau a dit que les enquêtes n'avaient pas été sérieuses, il serait intéressant de savoir si la population parisienne désire être sur ou sous le sol. Au point de vue technique, M. Hersent ne doute pas que l'une et l'autre solutions ne soient également praticables, tout en reconnaissant que le chemin aérien se reliera plus facilement aux gares actuelles de Paris.

En résumé, il faudrait provoquer une enquête, afin de savoir tout d'abord si le Métropolitain doit être supérieur ou inférieur au sol, particulièrement aux points de raccordement avec les gares des grandes lignes. M. Hersent croit que, dans certaines parties, il y aura nécessité de faire une transaction et que le chemin sera au-dessus et au-dessous du sol; les raccordements avec les gares seront généralement plus faciles en dessus qu'en dessous du sol.

M. Lantrac pense que la comparaison ne peut être faite utilement qu'au moyen de projets bien étudiés, permettant de déterminer les conditions dans lesquelles chacun pourra être exécuté. Les auteurs des projets ne peuvent que se renfermer dans leur étude: c'est au public intéressé à se prononcer sur la convenance qu'il y a à adopter un système ou un autre.

M. Le Brun dit que les quelques critiques et les observations générales que lui avait suggérées le projet de M. J. Garnier viennent d'être exposées avec trop de compétence pour qu'il soit besoin de les développer à nouveau; il demande la permission d'insister seulement sur quelques points.

Comme beaucoup, comme la grande majorité d'entre nous, M. Le Brun est partisan du système aérien; il pense que, dans une ville comme Paris, on ne peut admettre que le problème que doit résoudre le Métropolitain, consiste uniquement à prendre le voyageur en un point pour le rendre à un autre, sans se préoccuper de ce qu'il deviendra dans l'intervalle; il faut tenir compte d'autres exigences, de nos habitudes de vie à l'air et à la lumière, de l'appoint important dans la circulation parisienne des étrangers et des promeneurs qui, pendant leur séjour, désirent voir autre chose que les voûtes d'un tunnel. Il lui semble qu'il y a là une question d'esthétique pour le moins comparable à l'effet que peut produire un viaduc dans nos grandes voies de communication.

Parmi les solutions qui nous ont été présentées, deux surtout paraissent résoudre complètement le problème. Le projet de M. Haag, et le système à voies superposées. Le premier très rationnel, mais tellement coûteux que son application restera forcément restreinte; le second au contraire,

empruntant le sol des voies existantes sans avoir recours à de nouvelles expropriations, d'un prix relativement peu élevé, permet d'étendre le réseau partout où la fréquence de la circulation le rendra nécessaire.

M. Le Brun se disposait cependant à faire un grave reproche au projet très étudié de M. J. Garnier qui fait de chacune de ses lignes un circuit complètement fermé sans aucune traversée, ni changement de voie, les raccordements des lignes du réseau devant se faire tangentiellement et sans pénétration. — Il en résulterait de grands inconvénients dont le moindre serait d'exiger de nombreux transbordements pour les parcours transversaux, et un grave danger provenant des encombrements dans les stations, forcément très réduites, à certaines heures de la journée, et surtout aux jours de grande affluence. M. Lantrac vient de nous exposer la possibilité d'y remédier, mais il existe depuis plusieurs mois déjà un projet qui avait résolu ce problème et que M. Le Brun demande la permission d'exposer en peu de mots.

C'est le projet de MM. Milinaire frères. Ce projet, qui est à voies superposées, a nécessairement avec celui de M. Garnier des points communs, sur lesquels il passera rapidement; il se compose d'une poutre reposant sur des supports espacés de 50 mètres en moyenne, suivant les voies publiques. Le tracé que ces messieurs proposent se compose d'une ligne suivant les boulevards extérieurs, et d'un certain nombre de boucles desservant l'intérieur de Paris et le bois de Boulogne. Le projet pourrait être complété par une ceinture extérieure suivant à peu près la ligne des forts.

L'écartement des appuis conduisant à une hauteur de poutres assez notablement supérieure à celle strictement nécessaire pour deux voies, MM. Milinaire ont pensé qu'en augmentant légèrement cette hauteur, ils pourraient disposer d'une troisième voie sur certains parcours, qui rendrait des services considérables. Dans la semaine, elle serait affectée au service des marchandises et à l'approvisionnement de Paris, même pendant la journée; les dimanches et les jours d'affluence, elle pourrait être consacrée au service des voyageurs à destination fixe, Longchamps, par exemple, au moyen de trains spéciaux, ne s'arrêtant qu'à un petit nombre de stations.

Chacune des voies ne pourra être parcourue que dans un sens, les lignes se raccorderont tangentiellement, et en même temps au moyen d'aiguillages, permettant aux trains de suivre toutes les combinaisons d'itinéraires possibles. Les auteurs ont vu de suite qu'un des grands avantages des voies superposées consistait à permettre aux trains de passer d'une ligne sur l'autre sans traversée à niveau, sans que par suite il puisse y avoir d'accidents ; un faux aiguillage ne pouvant avoir comme conséquence que de forcer le train à parcourir un trajet plus ou moins long pour regagner la voie qu'il devait primitivement suivre.

En donnant aux trains des marques distinctives suivant leur itinéraire, le public saura vite reconnaître celui qu'il doit prendre et ne sera pas plus

embarrassé qu'il ne l'est actuellement aux stations d'omnibus très fréquentées.

Le système des voies superposées se prête encore à la communication des voies d'un étage, avec celles d'un autre étage, non seulement aux extrémités de la ligne, mais encore aux points de tangence des boucles au moyen de plans inclinés spéciaux.

Les avantages qui caractérisent le système des voies superposées sont donc multiples, il est bon d'insister sur les deux principaux :

1° Faible largeur de plate-forme permettant d'utiliser sans expropriations nouvelles les voies existantes.

2° Possibilité d'adopter toutes les combinaisons d'itinéraires, sans que deux trains puissent jamais se rencontrer.

M. Le Brun n'a pas besoin d'ajouter que le système des voies superposées peut parfaitement se combiner avec tout autre système aérien, et, s'il lui est permis en terminant de formuler un vœu, il désirerait que la grande artère parisienne entre la gare Saint-Lazare et la gare de Lyon fût établie suivant le projet de M. Haag, cette ligne répondant à des besoins, à des nécessités d'un ordre assez élevé pour qu'on accepte les sacrifices qu'elle nécessitera.

Quant aux lignes de second ordre, aux lignes de quartiers, elles doivent couvrir leur frais, et le système des voies superposées est la seule solution qui, jusqu'à présent, permette d'espérer la rémunération du capital, en satisfaisant complètement à toutes les exigences du problème.

M. le Président donne la parole à M. Molinos.

M. Molinos voudrait répondre un mot à ce qu'a dit M. Hersent; tout en comprenant son désir de chercher à savoir, par un moyen quelconque, quelle pourrait être l'opinion de la population parisienne en faveur, soit d'un projet aérien, soit d'un projet souterrain, il croit qu'il y a un élément capital à déterminer d'abord, c'est la question de prix. La population, en effet, qui est incompétente sur ce point, se prononcera indépendamment de cette considération, et il faudrait savoir, dans le cas où elle opterait pour le projet le plus coûteux, si elle consentira à une différence de prix de 200 millions, par exemple, entre les deux systèmes; car, enfin, lorsqu'on veut se donner un agrément, il faut savoir ce qu'on le paye. M. Molinos croit donc que, tout en tenant compte des observations, toujours intéressantes de M. Hersent, il serait bon de faire précéder l'enquête de l'étude sérieuse du devis de chacun des deux projets.

M. le Président donne la parole à M. Sévérac.

M. Sévérac trouve une incommodité à chacun des deux systèmes proposés; en effet, dans chaque cas, il faut parcourir, en montant ou en descendant, une hauteur assez considérable. Au point de vue esthétique, il trouve qu'un viaduc à voies superposées est encore moins satisfaisant qu'un viaduc ordinaire. Il se demande pourquoi l'on ne cherche pas à utiliser les tramways actuels, en les modifiant de façon à leur faire remplir le but pro-

posé. Ainsi, le trajet de la Villette au Trône qui dure 40 minutes, pourrait être effectué en 20 minutes; il suffirait, avec un mode de traction convenable, de supprimer les arrêts facultatifs, et d'établir des stations peu éloignées les unes des autres, mais fixes comme dans un chemin de fer. Pour éviter l'encombrement des voitures, la plate-forme du tramway serait établie à 20 ou 25 centimètres au-dessus de la chaussée, avec des passages à niveau pour le croisement des rues transversales. Ce système serait infiniment plus pratique que ceux consistant à se maintenir soit au-dessus, soit au-dessous du sol.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de notre confrère, M. Abt.

« Monsieur le Président,

« Une longue maladie m'empêche de prendre part à la discussion du projet de M. J. Garnier, portée à l'ordre du jour du 6 mars. — J'ai l'honneur de vous adresser quelques observations que je serais bien aise de présenter à la Société, en vous priant d'en faire donner lecture au cours de la discussion.

« Recevez, monsieur le Président, etc.

« Abt. »

Il est donné, comme il suit, communication des observations de M. Abt.

C'est à bien juste titre que le chemin de fer métropolitain attire l'attention de la Société des Ingénieurs civils.

Le projet fort ingénieux de M. J. Garnier nous a suscité quelques réflexions dont nous croyons devoir faire part à nos collègues, en les priant de bien vouloir leur accorder le bénéfice d'un examen approfondi. — Bien que le caractère de ces observations soit général, il nous semble doublement intéressant pour l'étude du Métropolitain de Paris.

§ I. — Si nous avons bien compris le Bulletin du 6 février, M. Garnier propose deux poutres continues; l'une des voies reposant sur les semelles inférieures, l'autre sur les semelles supérieures, par l'intermédiaire de pièces de pont. Les trains d'une direction déterminée circuleraient donc dans une sorte de cage métallique formée par l'ensemble des poutres métalliques; les trains de la direction inverse circuleraient au contraire sur une plate-forme supérieure. En cas de déraillement de ces derniers, on aurait à compter avec des accidents terribles, vu que les garde-corps bordant la voie ne sauraient, quelle que fût leur solidité, en entraver les conséquences.

Un accident, arrivé en Suisse il y a cinq ans, nous a permis de juger du danger que présente l'établissement d'une voie ferrée sur les semelles supérieures des poutres d'un pont ou viaduc. A Bâle, les gares suisse et badoise sont réunies par une ligne qui, après une courbe peu accentuée, traverse le Rhin sur un pont métallique. Dans cet ouvrage d'art, construit il y a quinze ans par MM. Schneider et Cie au Creusot, dont l'éloge n'est plus à faire, la voie a été très heureusement établie entre les poutres de rive, ainsi, qu'à notre avis, cela devrait toujours se faire. Un jour un train a

déraillé vingt mètres avant d'aborder le pont; la machine quittant la voie ferrée, est allée heurter violemment contre l'une des poutres, brisant sur son passage nombre de treillis et montants.

Supposez un instant que l'ouvrage d'art en question eût été à voie supérieure, le train entier eût été précipité dans le Rhin d'une hauteur d'environ 12 mètres, à un endroit où le lit du fleuve n'a pas moins de 6 ou 8 mètres de profondeur. C'était la mort certaine de tous les voyageurs.

Des recherches que nous fîmes à cette époque, il résulte que plusieurs ingénieurs s'étaient émus du danger des ponts à voie supérieure et que même il avait été essayé plusieurs moyens pour réduire les chances de déraillement. En France et en Autriche, on trouve quelquefois des contre-rails en fer ou en bois sous forme de grosses longrines et régnant sur toute la longueur du pont. Il paraîtrait que ces longrines offrent à leur tour des dangers ou des chances d'accident presque aussi inquiétantes que celles qu'elles ont pour but de conjurer. Nous ne voulons néanmoins pas être tout à fait absolu et faire sans restriction le procès du système à tablier supérieur ; mais notre humble avis est cependant qu'il ne doit être admis que dans le cas où l'ouvrage d'art en question sera précédé et suivi d'un alignement droit de quelque importance, un palier ou tout au moins faible pente ou rampe.

Au Métropolitain parisien, une courbe suivra l'autre, et le système à voie supérieure nous paraît devoir être sujet à des catastrophes terribles, telles que celle d'un train de 200 voyageurs projeté sur la chaussée au milieu d'une foule de piétons et d'un enchevêtrement de véhicules qui viendront grossir le nombre des victimes.

En effet, les déraillements sont inévitables et leurs causes souvent difficiles à découvrir. Les plus fréquentes sont des ruptures de rails, d'essieux ou de bandages. Voici du reste quelques résultats de la *statistique des chemins de fer Suisses.*

En 1880 nous avons eu 3 ruptures d'essieux ou 1 sur 21431, et 29 ruptures de bandages ou 1 pour 392 bandages de locomotive, et 1 pour 2857 bandages de wagons.

Pendant la même année, on a constaté en outre 11 ruptures de bandages sur des véhicules étrangers traversant la Suisse.

D'après un tableau de l'*Union des chemins de fer Allemands*, on a constaté une rupture d'essieu :

En 1875	par 366	locomotives	325	tenders	2380	wagons.
1876	590	—	242	—	2725	—
1877	484	—	306	—	3372	—
1878	655	—	300	—	1874	—

L'âge moyen des essieux cassés des locomotives a été de 10 à 12 ans ; celui des essieux de wagons, de 12 à 15 ans.

Pour un chemin de fer de l'importance du Métropolitain, qui aura un assez grand nombre de courbes de faible rayon, et une vitesse relativement

considérable, on peut donc supputer avec assez d'exactitude en combien de temps une catastrophe serait imminente faute d'avoir pris pour y obvier les moyens efficaces dictés par l'expérience. Le plus simple, à notre avis, serait de laisser les poutres métalliques dépasser d'au moins 50 centimètres le niveau des rails de la voie ferrée supérieure. Ce moyen ne saurait empêcher les déraillements ; mais il n'en serait pas moins une garantie certaine d'en voir circonscrire les conséquences, en empêchant, presque à coup sûr, un train déraillé de se précipiter dans le vide.

§ II. — La voie inférieure, sans être exposée aux accidents très graves auxquels nous venons de démontrer que la voie supérieure devait payer son tribut, présentera néanmoins un inconvénient dont, croyons-nous, les voyageurs ne sauraient manquer de souffrir.

Il n'est pas de personne qui n'ait eu l'occasion de s'apercevoir combien il était pénible pour la vue de franchir en chemin de fer un pont en treillis ; les éblouissements qui en résultent pour les voyageurs vont, dans certains cas, jusqu'à rendre impossible la lecture dans les voitures. On ne se rend bien compte de la gêne importante qui en résulte que par le soulagement éprouvé à la sortie du viaduc lui-même. Or dans le Métropolitain, où cette gêne sera l'état normal, quel ne sera pas le préjudice porté aux affairés qui comptent sur la durée du transport d'un point à un autre pour consulter dans leurs notes ou leurs journaux les motifs eux-mêmes de ce déplacement. Sans compter la déception des oisifs qui seraient bien aise d'occuper par la vue les quelques minutes d'inaction à laquelle les condamne leur voyage.

§ III. — La troisième observation que nous avons à présenter est relative aux voitures proposées par M. Garnier pour l'exploitation de la ligne. Le type qu'il recommande est celui des voitures américaines ayant 14 mètres de longueur. A notre avis ces voitures que nous regrettons beaucoup de voir si peu répandues sur notre continent, conviennent surtout aux transports à grande vitesse avec arrêts peu fréquents. Vu le nombre considérable des stations du Métropolitain, et les mouvements de voyageurs qui en sont la conséquence, le corridor unique qui occupe le grand axe desdites voitures, ne saurait sans encombrement en assurer le service aisé, tout au moins à certaines heures de la journée. De là prolongation nécessaire de la durée des arrêts dont la brièveté est une des conditions les plus intéressantes ; il faudra renoncer aux arrêts de 15 à 30 secondes pour en arriver à des arrêts de 2 minutes, en moyenne. De plus, les voitures à compartiments séparés s'offrent bien plus aisément à l'inspection d'un voyageur montant en quête d'une place, ou à la descente d'un voyageur qui, non prévenu, ne s'aperçoit qu'à l'arrêt seul du train qu'il a atteint le terme de son parcours.

§ IV. — Dans divers projets de Métropolitain, on a préconisé pour les locomotives le système *Hönigmann*. Il y a un an environ nous avons pu visiter cette machine dans les usines mêmes de l'inventeur. Il est vrai de dire qu'elle a subi depuis de très importants perfectionnements ; malgré tout, aujourd'hui encore, les nombreux avantages mis en relief par son in-

venteur n'ont pas reçu l'entière sanction des hommes compétents. Ainsi, le 7 décembre 1884, *M. Lentz de Düsseldorf* a fait à l'Assemblée générale des ingénieurs des mines (*Eisenhüttenleute*) une conférence où il déclarait que « pour remplacer une locomotive à six roues couplées du *Saint-Gothard* ayant 120 mètres carrés de surface de chauffe, il serait nécessaire de prendre une locomotive Hönigmann de 480 mètres carrés de surface de chauffe, laquelle machine devient alors un colosse à peine en état de remorquer son propre poids sans aucune charge utile. » M. Lentz, au contraire, a en très haute estime le système Francq où il voudrait seulement voir amoindrir la pression au départ.

Par contre, on trouve dans le numéro du 7 février de la *Revue polytechnique suisse* trois certificats attestant de la grande puissance des locomotives Hönigmann. Le 28 du même mois, une note de M. Hönigmann lui-même s'étend en particulier sur la grande capacité de vaporisation de ses chaudières.

Sans entrer dans de trop longs détails, nous tenons cependant à vous donner le résumé de cette correspondance.

Deux des certificats du 7 février ne permettent pas un examen sérieux, le premier étant incomplet et le deuxième ne disant rien sur la puissance. Du troisième il résulte qu'une locomotive Hönigmann de $9^{m^2},8$ de surface de chauffe a vaporisé 1600 litres d'eau en dix heures et demie de service, soit 152 litres par heure ou 15 lit., 5 par heure et mètre carré. Ce chiffre est évidemment très faible et tend à donner raison aux conclusions de M. Lentz.

Dans sa notice du 28 février, M. Hönigmann prétend qu'une de ses locomotives de la même surface de chauffe aurait vaporisé 800 litres en quarante minutes, 1 200 litres pendant une heure, et une fois même 1 350 litres, soit 122 à 136 litres par heure et mètre carré.

Si ces observations se confirment, le système Hönigmann nous paraît très recommandable pour l'exploitation du Métropolitain de Paris.

M. Jules Garnier demande à répondre quelques mots aux très intéressantes observations de M. Abt.

D'abord, au point de vue des déraillements, il fait observer que les faits signalés par notre collègue se rapportent aux chemins de fer non pourvus de contre-rails ou de patins de glissement, tandis que ces deux préservatifs très efficaces sont employés dans son système. Ainsi à New-York, où l'*Elevated* transporte 95 millions de voyageurs par an (plus peut-être que la Suisse en dix ans), il n'y a jamais eu d'accident ni de mort d'homme, sauf les accidents imputables à l'imprudence des voyageurs eux-mêmes.

Le second point, qui a trait à la gêne que peut procurer aux voyageurs le passage devant leurs yeux des barres de treillis, est plus topique. M. Garnier s'en est préoccupé, et avait même eu l'idée de mettre les deux voies à la partie supérieure, pour éviter ce scintillement. Pourtant il croit que cet inconvénient serait moindre que celui d'un souterrain dans lequel règnerait l'obscurité complète; d'ailleurs le treillis employé étant simple, offre le minimum de barres dans une longueur déterminée, une tous les 2 mètres

environ. Il ajoute que les voyageurs dans les voitures étant placés les uns vis-à-vis des autres, n'auront généralement pas le regard fixé vers l'extérieur, et pourront lire sans être incommodés.

M. Jules Garnier arrive au troisième point, celui relatif aux véhicules; à New-York, on s'est arrêté, après plusieurs essais, à un système de voitures différent de celui primitivement prévu pour le Métropolitain de Paris; on a, en effet, renoncé à New-York aux plates-formes extérieures, pour les remplacer par un espace vide intérieur qui en tient lieu; M. Garnier croit que ce système, qui donne toute satisfaction à New-York, devrait aussi être adopté à Paris; la plate-forme est, en réalité, intérieure au wagon, avec des sièges circulaires; puis, vient le couloir central, avec deux places d'un côté et deux places de l'autre.

Enfin, relativement au quatrième point touché par M. Abt, M. Garnier pense que la question de traction a été suffisamment développée aujourd'hui.

M. Regnard dit que les circonstances l'ont amené à voir tous les systèmes de Métropolitain et tous les systèmes de traction. Il n'hésite pas à déclarer que le système de M. Garnier dépasse, à son avis, tous ceux qu'il a vus, même le système américain, qui présente certainement des avantages. Quant au système de traction, à côté de celui par câble qui a été cité, il convient peut-être de rappeler aussi celui de notre collègue M. Agudio; c'est également un système funiculaire, mais dans lequel le câble entraîne le convoi par un mouvement de renvoi, et à une vitesse beaucoup moins grande que la sienne propre, ce qui diminue d'autant sa section et son poids. Un système analogue a fonctionné sur le quai de la Saône, à Lyon, à l'exposition de 1873. Enfin, il y a eu aussi le système Girard à patins glissant sur couche d'eau et à propulsion hydraulique, qui a été essayé à la Jonchère, près de Paris. Quant à l'électricité, M. Regnard ne croit pas qu'elle présente les inconvénients que paraît redouter M. Garnier, attendu que si les circonstances atmosphériques paraissent avoir une influence sérieuse sur les transmissions télégraphiques et téléphoniques, cette influence serait probablement nulle sur des courants à grande tension comme ceux nécessaires à la traction des véhicules; mais il y aurait plutôt à craindre les effets que ces courants pourraient produire sur le personnel et le danger qui en résulterait.

Enfin, quant au système Hönigmann, M. Regnard rappelle que son principe consiste à condenser la vapeur dans la soude caustique, pour trouver, dans la réaction chimique de la soude sur l'eau, une source de chaleur tellement puissante que la température, au lieu de baisser, monte dans la chaudière pendant les premiers moments; on remplace la chaleur fournie ordinairement par le foyer par celle dégagée par la soude, et on régénère cette source calorifique en évaporant la soude et en la ramenant à l'état caustique.

M. le Président remercie M. Regnard et donne la parole à M. Aug. Moreau.

M. Auguste Moreau, répondant à M. Hersent pour ce qui est des préférences de la population parisienne, croit pouvoir affirmer qu'elles sont

tout entières acquises au chemin de fer aérien; et elles le seraient encore, pense-t-il, même si, par impossible, ce dernier revenait à un prix plus élevé que son concurrent souterrain, quoi qu'en ait dit M. Molinos. A la vérité, cette sympathie du public est intéressante à connaître, mais ne peut constituer un argument péremptoire en faveur de l'un ou de l'autre système. Il y a bien d'autres considérations qui militent en faveur du projet aérien.

Mais un autre point de l'argumentation de M. Hersent a frappé M. Auguste Moreau, c'est lorsqu'il a dit que le chemin de fer souterrain pourra très facilement s'établir dans Paris, et qu'on n'aura pour cela qu'à procéder comme s'il s'agissait de la construction d'un simple égout. Il pourrait résulter de ces paroles une comparaison tout à fait impossible à établir entre un tunnel tel que celui du métropolitain, où circuleront sur deux grandes voies de chemins de fer des trains lourdement chargés, avec un simple aqueduc dans lequel ne couleront que des eaux et des immondices. Cette assimilation a été effectivement faite à plusieurs reprises par l'auteur du projet souterrain, et il est bon de s'y arrêter un peu pour se rendre compte de la façon éminemment superficielle dont a été faite l'étude de ce projet.

M. Émile Level pense que l'on peut s'en rapporter à la compétence de M. Hersent en la matière, et qu'il n'y a aucun doute à conserver sur ses affirmations.

M. Auguste Moreau réplique que la compétence de personne n'est ici en cause. M. Hersent lui-même n'a certainement pas voulu faire la comparaison que M. Moreau signale, mais il n'a pas non plus assez clairement dit le contraire, et c'est pour éviter toute confusion dans l'esprit de nos collègues qu'il insiste.

M. Hersent n'a pas voulu dire qu'il y ait aucune comparaison entre le mètre courant d'égout et le mètre courant de tunnel. Il a dit seulement que les procédés d'exécution seraient les mêmes ou très analogues et que ces deux ouvrages pourraient être comparables quant au prix du mètre cube.

M. le Président ajoute que M. Hersent a surtout voulu appeler l'attention de la Société sur l'insuffisance de l'enquête au point de vue des préférences de la population et de l'édilité parisiennes pour l'un ou l'autre projet. D'ailleurs la discussion du Métropolitain n'est pas fermée et la Société accueillera avec plaisir les observations qui pourraient être présentées ultérieurement.

M. le Président fait connaître le résultat du vote relatif à la nomination des jurés qui doivent, avec le Président et les Vice-Présidents, examiner les Mémoires concourant pour le prix Nozo.

MM. Badois, Rubin et Salomon (Georges) ont été nommés jurés titulaires, et MM. Gautier (Ferdinand) Dallot et Forest, jurés supplémentaires.

M. Rouvière a été reçu membre sociétaire, et M. Jeannolle, membre associé.

La séance est levée à onze heures et quart.

COMPTE RENDU

DU

BANQUET COMMÉMORATIF DU 37ᴱ ANNIVERSAIRE

DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

Le banquet commémoratif du 37ᵉ anniversaire de la fondation de la Société a eu lieu le mercredi, 4 mars, à l'hôtel Continental, sous la présidence de M. de Comberousse, président.

120 convives assistaient à ce banquet.

Pendant le repas, M. le Président reçoit de Zurich la dépêche suivante dont il donne lecture :

« Les membres, à Zurich, adressent mille félicitations à la Société : Qu'elle vive !

« SCHMID, PAUR, *correspondant.* »

Au dessert, les toasts suivants sont portés.

TOAST DE M. DE COMBEROUSSE, PRÉSIDENT.

Messieurs et chers Confrères,

Permettez-moi d'abord de vous adresser un salut cordial. Notre réunion, vu le nombre des membres de la Société résidant à Paris, aurait pu être plus nombreuse; mais elle ne pouvait pas être plus affectueuse ni plus aimable. Ajoutons que quelques-uns des nôtres sont venus de province tout exprès, faisant cinquante lieues, cent lieues, pour nous serrer la main. Qu'ils soient remerciés !

La Société des Ingénieurs civils grandit, Messieurs, sans que nous nous en apercevions. Nous sommes trop près et trop intéressés, pour en juger pleinement. La modestie nous est imposée par les liens mêmes, si solides et si naturels, qui nous unissent à elle. Mais si nous ne comptons peut-être pas encore en France autant que cela devrait être, il n'est pas douteux que nous comptons à l'étranger et que nous y sommes fort appréciés. Si nous disparaissions subitement, il y aurait une lacune réelle dans l'ensemble des instituts et des sociétés savantes de notre pays. Et l'on peut

dire certainement, en parodiant un mot célèbre : Si la Société des Ingénieurs civils n'existait pas, il faudrait l'inventer.

C'est que nous représentons une chose précieuse et rare entre toutes : l'entière liberté, contenue seulement par la justice et la courtoisie. On peut, à notre tribune indépendante, exprimer toute sa conviction, exposer toute sa pensée. Aucun privilège ni aucune hiérarchie ne s'élèvent pour nous barrer le chemin et nous imposer silence. C'est là le caractère distinctif de notre Société. Il y a ici des premiers comme partout, mais ils se meuvent au milieu de leurs égaux.

Nous devons à notre charte, agrandie dès la première année de notre existence, de pouvoir rassembler sous les plis de notre drapeau tous les ingénieurs civils, tous ceux qui ne sont pas fonctionnaires privilégiés de l'État, tous ceux dont la carrière peut bénéficier de l'élan fécond de l'initiative privée. Pour former notre armée, toutes les grandes écoles nous ont envoyé un régiment. Et nous avons aussi, ne l'oublions pas, le bataillon de ceux qui n'ont pas pu traverser les établissements d'enseignement supérieur, et qui ont fait tout seuls leur trouée, à l'aide de leur vocation, de leur courage et de leurs sacrifices. Le ministre qui a signé leur diplôme, à ceux-là, s'appelle : Volonté et Persévérance. Ce n'est pas un mauvais ministre.

Mes chers Confrères, le secret pour conserver notre place au soleil et pour accroître notre situation, c'est d'infuser constamment dans nos veines le sang des jeunes générations. Nous pouvons avoir l'expérience et la science ; nos jeunes collègues ont la confiance, l'espoir, l'ardeur, et ce je ne sais quoi qu'on appelle le *Diable au corps*. Qu'ils nous en fassent profiter ; qu'ils ne craignent pas de venir nous entretenir de leurs projets, de leurs travaux commencés, voire même de leurs rêves ! N'a-t-on pas dit : Les chefs-d'œuvre, c'est une pensée éclose dans la jeunesse et réalisée dans l'âge mûr. Je crois que c'est toujours vrai, en mécanique et en construction, comme en drame et en poésie. Qu'ils nous donnent donc la joie de les accueillir et de leur promettre le succès.

Messieurs, je veux, avant de me rasseoir et de céder la parole à mon cher collègue, M. Hersent, boire avec vous à l'union et à la concorde au sein de notre Société.

Nous possédons cette année, parmi les membres du Comité, et mon toast semble en recevoir une plus heureuse actualité, notre vénéré confrère, M. Noblot, président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale, et M. Fontaine, président de la Société amicale des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers.

Permettez-moi de les féliciter en votre nom, et de nous féliciter nous-mêmes de leur présence qui symbolise si bien cette union et cette concorde dont je viens de vous manifester le désir.

Je regrette vivement (et ils le regrettent comme moi), que M. Tresca, notre président honoraire, et M. Brüll, l'un de nos vice-présidents, soient absents. Tous les deux, pour des raisons diverses mais sérieuses, n'ont pu

venir s'asseoir au milieu de nous. Ils auraient complété le faisceau, et j'aurais eu plaisir à dire devant eux, pour l'École polytechnique, l'aînée de la famille, mais sans droit d'aînesse, ce que je viens d'exprimer pour l'École centrale et pour les Écoles d'arts et métiers.

Je bois donc, Messieurs et chers Confrères, au développement indéfini de notre Société, *dans l'Union, la Concorde et la Liberté.*

TOAST DE M. HERSENT, VICE-PRÉSIDENT.

Messieurs,

M. le président constate que cette réunion est moins nombreuse que les précédentes; je ne vous propose pas de blâmer les absents, au contraire. Je propose de lever le verre à leur santé.

Parmi ces absents, il y en a qui sont retenus par des devoirs professionnels, d'autres sont trop éloignés pour venir assister à cette fête.

Enfin, il y a un grand nombre de nos membres qui sont disséminés sur la surface du globe, pour le plus grand honneur de notre Société et celui de la patrie — occupés à creuser les entrailles de la terre pour en extraire les richesses cachées — à élever des monuments durables qui justifieront aux futures générations ce qu'est la nôtre, à percer des montagnes, creuser des canaux pour établir des communications nouvelles qui rapprocheront les hommes et les choses.

Je vous propose de lever vos verres à la santé de tous nos collègues absents.

TOAST DE M. A. NOBLOT, MEMBRE DU COMITÉ.

M. Noblot dit qu'il ne pensait pas être appelé à prendre la parole, mais, en présence de la provocation si affectueuse de M. de Comberousse, il ne saurait rester muet.

Il veut remercier la Société au nom de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale et indiquer leur trait d'union.

La Société des Ingénieurs civils et l'Association, avec des moyens d'action différents, poursuivent le même but : le développement et les succès du génie civil, l'application toujours croissante du grand principe de l'*initiative privée* et du *self government*, dont vient de parler M. de Comberousse.

Ce principe si fécond, M. Noblot le glorifiait, il y a quelque jours, dans cette même enceinte, en disant : « L'initiative privée, cette vertu dont la mise en pratique ne saurait être trop encouragée; cette vertu qui fait les hommes forts, qui rend les nations viriles et prospères. »

M. Noblot espère que nous persévérerons tous dans la noble tâche qui

nous est assignée ; que nous lutterons sans cesse et avec énergie contre la tendance néfaste à rechercher le *rond de cuir* et l'*oreiller de paresse*, ces deux anesthésiques de la vigueur morale.

M. Noblot termine en portant la santé du président, celle des fondateurs de la Société, presque tous ses anciens camarades, en particulier celle de son ami Loustau, qu'il a le bonheur de voir à son côté, et dont nous avons tous pu apprécier le parfait dévouement.

TOAST DE M. FONTAINE, Membre du Comité.

Je remercie vivement notre président des félicitations qu'il vient de m'adresser, et, en ma qualité de président de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers, je porte un toast chaleureux à la prospérité de la Société des Ingénieurs civils et aux succès de ses membres dans toutes les branches de l'industrie et des travaux publics !

TOAST DE M. LOUSTAU, Trésorier.

Messieurs, Camarades et Amis,

Permettez au plus ancien de *vos Anciens* d'ajouter quelques mots aux bonnes paroles que vous venez d'entendre.

Il y a trente-sept ans que notre Société a été fondée, et j'ai la satisfaction d'avoir contribué, dans la mesure de mes facultés, à assurer son existence et ses progrès.

Mais ce que je tiens à vous dire aujourd'hui, c'est le plaisir que j'éprouve à voir à nos côtés les fils de ceux qui ont assisté aux débuts de la Société ! Ce sont les ouvriers de la dernière heure, aussi vaillants qu'ont pu l'être ceux du commencement. Ces derniers ont eu à lutter pour l'existence même de la Société ; ils l'ont fait avec courage et sont heureux des résultats obtenus.

C'est aux *Jeunes* aujourd'hui à assurer la continuation de l'œuvre.

Je bois au succès de leurs efforts dans cette voie, et en même temps à celui de leurs travaux pour conquérir d'honorables positions ! Qu'ils apportent dans cette lutte pour l'existence privée l'énergie honnête des hommes de cœur, et ils arriveront, comme leurs devanciers, aux bons résultats obtenus par le plus grand nombre de leurs aînés.

Je fais des vœux sincères pour qu'il en soit ainsi.

TOAST DE M. PÉRISSÉ, Vice-Président.

Mes chers collègues,

Notre Président m'a confié une mission qu'il m'est bien doux et bien agréable de remplir : c'est de porter la santé de nos anciens Présidents,

de ceux d'entre nous qui ont été portés au premier rang, que nous avons honorés de nos libres suffrages, et qui, à leur tour, honorent notre Société par leurs remarquables travaux, par l'élévation de leur caractère, et par leur grande situation dans le génie civil, dans les sciences et les arts, et dans l'industrie de notre généreux pays de France.

Je bois à nos chers anciens Présidents.

TOAST DE M. LOUIS MARTIN, ANCIEN PRÉSIDENT.

« Messieurs et chers Collègues,

« La Société des Ingénieurs civils jouit d'une très grande considération; elle fait autorité; aussi plusieurs d'entre nous font-ils partie des conseils du Gouvernement.

« La présider est le plus grand honneur qu'un de ses membres puisse ambitionner, et ceux que vous avez appelé à le faire sont justement fiers.

« Je me fais aujourd'hui, pour vous remercier, l'interprète de vos anciens présidents, qui vous seront toujours reconnaissants de la preuve d'estime et d'affection que vous leur avez donnée en leur confiant ces hautes fonctions de la présidence. Vous pouvez compter sur eux pour aider au développement et à la prospérité de notre Société qu'ils suivent avec intérêt.

« Messieurs, je bois à vous tous. »

TOAST DE M. HAUET.

Messieurs, très honorés Maîtres et chers Confrères,

Quelques-uns, parmi les jeunes, m'ont demandé de porter un toast en leur nom. En me choisissant, ils ont voulu, vraisemblablement, avoir pour interprète un homme entre deux âges, chez qui les ardeurs d'indépendance n'ont pas été refroidies par les luttes de la vie; et néanmoins, suffisamment assagi par les dures leçons de l'expérience.

Ils sont fiers, les jeunes, ceux qui entrent résolument dans la carrière, d'appartenir à une institution qu'ils considèrent justement comme une force sociale, une force qui s'ignore elle-même, on l'a dit. Mais, par l'heureux privilège de l'âge, ils ne sont pas tenus à la prudente réserve de leurs aînés; ils sont intimement convaincus que, par leur actif concours, ils donneront à cette force sa naturelle et très complète expansion; ils comptent fermement que, dans un avenir prochain, la Société des Ingénieurs civils deviendra, sans conteste, qu'on le veuille ou non, le Grand Conseil libre de l'industrie et des travaux publics en France. Que dis-je? deviendra: il n'est pas téméraire d'affirmer que cette vision de l'avenir a déjà eu un commencement de réalisation.

Dans la question troublante du rachat des chemins de fer, la solution inéluctable intervenue n'est-elle pas de tout point conforme à l'avis qui a prévalu dans vos discussions? Et dans cette autre question qui s'agite du Métropolitain, est-ce que l'opinion de la Société n'arrive pas à se dégager nettement, et ne semble-t-elle pas devoir se préciser plus franchement encore par des débats ultérieurs, pour arriver à s'imposer par la persuasion?

Oui, les jeunes sont fiers de leur Société, de cette association vraiment libre dans laquelle, comme l'a dit il y a un instant, en excellents termes, notre très aimé Président, les opinions ne sont pas hiérarchisées; ils s'enorgueillissent d'avoir une tribune accessible à tous sans distinction d'origine, ouverte à ceux mêmes qui ne sont pas des nôtres. Chez nous on peut, sans crainte aucune, venir développer ses idées et combattre celles des autres; et s'il arrive parfois que la lutte soit vive, passionnée même, les adversaires aux prises la veille, n'ont plus le lendemain d'autre sentiment au cœur qu'une réelle et sincère confraternité.

Je ne voudrais pas abuser de votre attention, et, pourtant, je désire dire un mot encore :

Ils sont fiers, les jeunes, parce que notre Société vit de sa vie propre, ne demandant à personne ni aide, ni protection, n'ayant à subir aucune ingérence gouvernementale ou autre; et, quoique ressortissant de plusieurs ministères... trois, je pense : les Travaux publics, l'Agriculture et le Commerce... MM. les Ministres de ces trois départements ont toujours eu la sagesse de ne point faire sentir leur action dans nos affaires intérieures. Aussi, ce banquet n'a rien d'officiel, c'est une fête intime, une fête de famille.

Messieurs, au nom des jeunes qui envisagent l'avenir avec une sereine confiance, je vous propose de boire *au relèvement, à la grandeur de la Patrie française!*

Liste des Membres souscripteurs

MM.

1848. Benoit-Duportail, Bricogne, Forquenot (Victor), Loustau.
1849. Limet.
1850. Boutmy (*Gabriel*).
1851. Masselin.
1854. Martin (*Louis*).
1855. De Comberousse, Muller (*Émile*).
1857. Eiffel, Forey, Pérignon, Roy (*Edmond*).
1858. Desgrange.
1859. Mallet (*Anatole*).

1860. Le Brun (*Raymond*), Périssé.
1861. Gaget.
1862. Badois, Gallois (*Charles*), Rey.
1863. Carimantrand, Lencauchez.
1864. De Grièges, Level.
1865. Orsatti, Regnard.
1867. Eschger, Guerbigny,
1868. Garnier (*Jules*).
1869. Boulet, Garnier (*Paul*), Geneste, Jonte.
1870. Clair.
1871. Cotard, Delaporte (*Georges*).
1872. Bourdais, Herscher (*Charles*), Le Blanc (*Félix*), Martin (*Auguste*), Seyrig.
1873. Courtier, Moreau (*Auguste*), Poillon, Zbyszowski.
1874. Casalonga, Chrétien, Dorion, Dumont, (*Louis*), Fontaine, Guyenet, Pettit, Verstraet.
1875. Bouhey, Hersent, Joubert, Jouffray, Lockert, Noblot.
1876. Bartissol, Claparède (*fils*), Salomon (*Georges*), Sépulchre.
1877. Kern, Roger (*Paul*), Vallot (*Henri*), Varlet.
1878. Decauville, Dulac (*Louis*), Gallais (*Charles*), Giraud, Hamoir, Ravasse, de Schryver, Studer, Vinçotte.
1879. Baril, Cahen (*Albert*), Clerc, Herscher (*Ernest*).
1880. Boudier, Boutmy (*Charles*), Brochocki, Chassevent, Godillot, Hauet, Legénisel, Max Lyon, Montagnier, Vaslin.
1881. Anquetin, Cabanellas, Coignet (*Edmond*), Gérard (*Joseph*), Mallard, Reynier, Rose, Yochet (d').
1882. Arrault, Bouvard (*Edmond*), de Dax, Hudelo, Josse, Moyaux, baron de Vautheleret.
1883. Grimault, Hillairet, Kreutzberger.
1884. Bertrand de Fontviolant, Brancher, Furno, Horstmann, Huguet, Milinaire (*Clément*), Renaudin.
1885. Jeannolle, Milinaire (*Auguste*), Pierron.

Séance du 20 Mars 1885.

Présidence de M. de Comberousse

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 mars est adopté.

M. le Président fait part à la Société de la distinction obtenue par M. Doat, nommé commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. le Président dit que le Comité s'est préoccupé du petit nombre de membres honoraires français qui font actuellement partie de la Société; nos membres honoraires sont au nombre de 10, sur lesquels il y a 8 étrangers et 2 Français. Le Comité a pensé qu'il y avait lieu de renforcer le nombre de nos nationaux, et il présente aujourd'hui à la Société les noms de M. le colonel Laussedat, directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, et de M. Hervé Mangon, membre de l'Académie des sciences et ancien directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, qui se sont toujours montrés dévoués au génie civil. Le vote de l'Assemblée ne pourra avoir lieu que dans un mois, c'est-à-dire dans la deuxième séance qui suivra celle d'aujourd'hui.

M. le Président ajoute que la Société internationale des électriciens a ouvert, comme on le sait, une exposition d'électricité à l'Observatoire de Paris; cette exposition durera du 22 au 29 mars; elle sera visible chaque jour de midi à 6 heures, et ensuite de 8 heures à 11 heures du soir. On aurait peut-être pensé à continuer les conférences qui avaient si bien réussi à l'exposition d'électricité de 1880. Mais la société des électriciens s'est chargée elle-même de ces conférences, et il n'y a pas lieu de le regretter, puisqu'elle compte parmi ses membres et ses orateurs plusieurs de nos collègues, tels que MM. P. Jousselin, G. Cabanellas, de Méritens, L. Maiche, Armengaud, etc.

M. le Président s'est préoccupé de mettre à la disposition des membres de la Société un nombre de cartes suffisant pour leur permettre d'aller

visiter cette exposition, et d'assister aux conférences, qui auront lieu tous les soirs, à 9 heures. Il allait écrire à M. Berger, lorsque M. Boistel lui a offert de faire lui même cette démarche, et de demander pour nos collègues une centaine de cartes qu'ils trouveront très probablement dès demain au siège de la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Armengaud qui veut dire quelques mots sur l'*Exposition de meunerie et de boulangerie* qui doit s'ouvrir prochainement à Paris.

M. ARMENGAUD jeune annonce à la Société que cette exposition internationale de meunerie et de boulangerie et des industries qui s'y rapportent, en préparation depuis l'année dernière, va s'ouvrir prochainement à Paris. Elle se tiendra pendant les mois d'avril, mai et juin, aux Champs-Élysées, dans la portion située derrière le Palais de l'Industrie, entre le cours la Reine et l'avenue d'Antin. Cet emplacement a été concédé par la ville de Paris à la suite d'une délibération prise tout récemment par le Conseil municipal; il a été constitué en entrepôt de douane en vertu d'un décret rendu par M. le président de la République sur la proposition de MM. les ministres du commerce et des finances. Enfin, grâce à la bienveillante intervention de M. le ministre des travaux publics, les compagnies de chemins de fer ont accordé aux exposants la faculté du retour gratuit.

Placée dès l'origine sous le patronage de M. le ministre de l'agriculture et comme il vient d'être dit, encouragée par les pouvoirs publics, l'exposition de meunerie et de boulangerie a pour commissaire général M. Lockert, un de nos collègues, à qui revient le mérite de l'initiative de cette entreprise qui, dans les circonstances actuelles, présente un véritable caractère patriotique.

M. Lockert est assisté par une commission supérieure, qui compte dans son sein plusieurs députés et conseillers municipaux, et quelques membres de la Société des Ingénieurs civils, parmi lesquels il convient de citer M. de Comberousse, notre honorable président, MM. Aimé Girard et Vigreux, les savants professeurs, et M. Richemond. Dans cette commission, qui a fait à M. Armengaud l'honneur de le mettre à sa tête, figurent tout naturellement les présidents des chambres syndicales de la meunerie et de la boulangerie.

Tout le monde s'accorde à reconnaître que cette exposition, la première de ce genre, car celle de Londres en 1881 ne s'appliquait qu'à la meunerie, arrive bien à son heure, au moment où s'agite la question du prix du pain, et où l'on discute au Parlement la loi relative à l'élévation des droits sur les céréales. Elle ne sera pas seulement un enseignement, disons même un attrait de curiosité pour les visiteurs et surtout pour les Parisiens qui verront se dérouler devant eux le tableau des opérations auxquelles est soumis le blé avant de devenir de la farine, puis du pain. Elle offrira surtout un vif intérêt aux spécialistes et aux ingénieurs, qui constateront avec plaisir les nombreux perfectionnements que l'art de la mécanique a introduits dans ces

industries qui, pour l'alimentation humaine, occupent indiscutablement le premier rang.

Personne n'ignore, ajoute M. Armengaud, que l'industrie de la meunerie traverse une sorte de révolution, par suite de la transformation apportée dans l'outillage des minoteries par la substitution des engins métalliques aux meules en pierre. Dans la lutte engagée entre l'ancienne meule et le jeune cylindre, il est intéressant de savoir à qui restera la victoire pour la perfection de la mouture et l'amélioration de la qualité du pain.

En ce qui concerne la boulangerie, on verra par les installations perfectionnées exhibées aux Champs-Élysées, s'il est possible d'arriver à diminuer les frais de panification en remplaçant le pétrissage à la main par l'action du pétrin mécanique, le chauffage des fours au bois par le chauffage à la houille ou au gaz. L'administration y trouvera aussi des éléments d'appréciation pour déterminer la taxe officieuse du pain.

M. Armengaud termine en conviant les membres de la Société à visiter la future exposition, à l'inauguration de laquelle ils seront d'ailleurs invités par des cartes remises au bureau de la Société. Il compte sur leur précieux concours dans les expériences qui seront faites sur les machines en marche, et qui permettront de comparer les systèmes préconisés dans les différents pays.

Les communications et mémoires qui en seront la conséquence auront pour heureux effet d'étendre encore le champ d'action de notre corporation sur une question aussi importante que celle de la fabrication du pain, c'est-à-dire de l'aliment de première nécessité, dont les plus faibles écarts de prix ont, comme le prouve l'histoire, tant d'influence sur la paix publique.

M. le Président remercie M. Armengaud de sa communication, ainsi que des cartes mises par lui à la disposition de la Société pour l'inauguration de l'Exposition internationale de meunerie et de boulangerie, qui promet d'être si instructive et si intéressante. La Société est heureuse de retrouver ses membres, là comme ailleurs.

M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante de M. Ch. Herscher, qui se rapporte à une question touchée dans les dernières séances.

Paris, 20 mars 1885.

Monsieur le Président,

Au cours des observations échangées dans la dernière séance à l'occasion du Métropolitain, il a été plusieurs fois question de la chaudière sans feu du système Hönigmann.

Or, je dois à l'indication de notre distingué et très informé collègue, M. Mallet, d'avoir pu, lors d'un voyage d'étude que j'ai fait en décembre dernier, voir fonctionner une locomotive dudit système, qui fait le service d'une petite ligne, entre Aix-la-Chapelle et Julich.

Je ne veux pas ici, et incidemment, donner mon appréciation sur ce

système et me contenterai de dire que les agents du service de la ligne d'Aix à Julich m'ont paru satisfaits du fonctionnement, d'ailleurs récent, des appareils Hönigmann.

A l'intention de ceux de nos collègues que cela peut intéresser, j'ai rapporté à Paris quelques renseignements techniques que je me fais un plaisir de déposer à la bibliothèque de la Société.

Veuillez agréer, etc.

Ch. Herscher.

M. le Président communique à la Société une lettre de notre correspondant en Espagne, M. Ch. Grébus, dans laquelle notre confrère lui fait part de la réunion qui a eu lieu à Madrid, le 4 mars dernier, pour y célébrer, en même temps qu'à Paris, l'anniversaire de la fondation de la Société des Ingénieurs civils. M. Ch. Grébus transmet à la Société tous les vœux que les membres de la réunion ont formés pour notre prospérité.

M. le Président indique les ouvrages et les mémoires reçus par la Société.

Il signale *trois Notes* de M. J.-G. Baudot, membre de la Société, et qui réside au Caire, sur la recherche des modifications qui seront apportées au régime du Nil par les travaux projetés, et sur les irrigations de la basse Égypte. Ces notes pourront être renvoyées à l'examen de notre collègue, M. Cotard.

M. le Président présente à la Société, de la part de M. Alfred Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire du *Compte rendu du service de l'assainissement de la Seine*.

M. Vallot a été chargé par M. G. Steinheil, ingénieur des arts et manufactures, éditeur à Paris, de faire hommage à la Société d'un exemplaire du nouvel ouvrage de M. Berthelot, qu'il vient d'éditer et qui est intitulé : *les Origines de l'Alchimie*.

Le livre du savant chimiste intéressera vivement, sans aucun doute, les membres de la Société, et M. le Président pense, comme M. Vallot, qu'un de nos membres, plus spécialement versé dans cette branche, pourra y trouver le sujet d'un résumé instructif pour notre Bulletin.

La Société a reçu de M. Huet, ingénieur à Delft, un exemplaire de son ouvrage sur *les Polders*.

M. Huet, dont la compétence en ces matières est bien connue, exprime par lettre tout son regret de n'avoir pu assister à la réception des ingénieurs hollandais à Paris, l'an passé, et nous prie de considérer l'envoi de son ouvrage comme une preuve de ses sentiments.

M. Paur, membre correspondant de la Société, adresse un exemplaire du *Journal officiel illustré de l'Exposition suisse à Zurich*, en 1883, et dont ce beau volume nous donne une juste idée, et un exemplaire de l'ouvrage complémentaire intitulé : *Bericht uber die verwaltung der schweizerischen Landesausstellung* (Zurich, 1883).

La Société a reçu de M. Léon Somzée, membre de la Société, une *Note sur*

l'Électricité, présentée par lui à la commission de l'Exposition d'Anvers en 1885, où il remplit les fonctions de commissaire international.

Dans la lettre qui accompagne cet envoi, notre confrère belge exprime le désir « qu'on groupe les forces éparses de manière à faire marcher l'électricité à son but, en inaugurant une série d'expériences destinées à opérer un classement dont le défaut se fait vivement sentir. »

La Société a reçu de M. Fernandes Pinheiro, membre de la Société, une série d'ouvrages spéciaux intéressants, dont il est l'auteur ou l'instigateur.

Nous mentionnerons tous ces dons plus loin. Nous nous contenterons de citer ici :

Les Archives de l'exposition de l'industrie nationale au Brésil, en 1881.— Rapporteur général, M. F. Pinheiro.

Une *Note* de M. F. Pinheiro *sur un chemin de fer à voie réduite* (0^{m},76), en exploitation au Brésil.

Un *Tableau statistique des chemins de fer au Brésil.*

M. le Président pense que ces documents pourront être fructueusement utilisés pour le Bulletin.

La Société a encore reçu :

De M. Ch. Thirion, membre de la Société, au nom de M. le docteur Luigi Cerebotani, un mémoire descriptif sur un *procédé pour mesurer les distances et relever les courbes;*

De M. Mallié, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur un système de filtre perfectionné;*

De M. Georges Dumont, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité pratique des applications de l'électricité à l'exploitation des chemins de fer.*

Ce dernier ouvrage est un résumé des leçons faites par notre confrère aux agents du service qu'il dirige aux chemins de fer de l'Est et qui prend une importance de plus en plus grande dans les diverses compagnies par suite de la multiplicité des signaux. — Une analyse sommaire de ce volume pourra être présentée à la Société.

M. G. Dumont, dans la lettre qui accompagne son hommage, fait remarquer que la définition qu'il donne de l'électricité a été critiquée; mais que cette définition appartient à M. Preece, qui l'a employée textuellement dans une conférence qu'il a faite à la Société des Ingénieurs civils de Londres, en février 1883, sur les progrès de la télégraphie. M. G. Dumont croit qu'il n'a pas été trop imprudent en reproduisant l'opinion d'un savant tel que M. Preece.

La parole est à M. Eiffel pour sa communication sur son *Projet de tour en fer de* 300 *mètres de hauteur, destinée à l'Exposition de* 1889.

(Le mémoire de M. Eiffel devant être inséré *in extenso* dans le Bulletin, nous ne donnons ici qu'un résumé succinct de sa communication).

M. Eiffel explique que ses collaborateurs, MM. Nouguier et Koechlin,

ingénieurs de sa maison, ont été conduits à l'idée d'édifier une tour en fer par les études faites en commun sur les hautes piles métalliques des viaducs. La partie architecturale a été étudiée par M. Sauvestre, architecte.

Le principe consiste à permettre la suppression des grandes barres de treillis des faces verticales destinées à résister à l'action du vent. Pour cela, la pile est disposée de manière que tout l'effort tranchant dû au vent passe dans l'intérieur des montants d'arête de la pile, qui, pour la tour dont il s'agit, reçoivent une courbure telle que les tangentes à ces montants, menées en des points situés à la même hauteur, viennent toujours se rencontrer au point de passage de la résultante des actions que le vent exerce sur la partie de la pile au-dessus des deux points considérés. Il y a là un principe nouveau de construction qui forme une des particularités de ce système.

M. Eiffel passe ensuite à la description de la tour, qui se compose essentiellement de quatre montants formant les arêtes d'une pyramide à faces courbes : chaque montant a une section carrée, variant depuis 15 mètres de côté à la base jusqu'à 5 mètres au sommet ; l'écartement des pieds des montants est de 100 mètres d'axe en axe. Au 1er étage, à environ 70 mètres au-dessus du sol, se trouvent des salles en galeries, de 4 200 mètres carrés de surface, destinées à servir de restaurant et de lieu de réunion. Au sommet, est une coupole vitrée, avec balcons extérieurs, de 250 mètres carrés, d'où l'on découvrira un panorama de 120 kilomètres d'étendue et où l'on procédera à des observations scientifiques. Ce sommet recevra également un foyer électrique destiné à l'éclairage de l'Exposition.

A la partie inférieure, est une arche grandiose de 80 mètres d'ouverture et de 50 mètres de hauteur, qui forme le principal élément de la décoration.

Les calculs de résistance ont été établis en comptant la presque totalité de la tour comme pleine, et dans la double hypothèse, soit d'un vent uniforme de 300 kilogrammes par mètre carré, soit d'un vent variant de 200 kilogrammes à la base jusqu'à 400 kilogrammes au sommet. Ces deux hypothèses donnent à peu près les mêmes résultats, et conduisent à un moment de renversement d'environ 300 000 tonnes-mètres.

Le poids de la tour est de 6 500 tonnes dont 4 800 tonnes pour le métal et 1 700 tonnes pour les hourdis des planchers. Le moment de stabilité est de 325 000 tonnes-mètres.

La stabilité est ainsi assurée sans aucun amarrage ; néanmoins, on double cette sécurité en ancrant les montants dans les massifs qui les supportent.

La charge sur le sol de fondation inférieur est de $4^{kg},60$ par centimètre carré, du côté le plus chargé, et les fondations ne présentent aucune difficulté. Le coefficient de travail adopté pour le fer est de 10 kilogrammes par millimètre carré, dont 5 kilogrammes pour la charge et 5 kilogrammes pour le vent. Le coefficient de 10 kilogrammes se réduirait, pour les vents violents ordinaires, à 6 ou 7 kilogrammes.

La seule flèche que l'on ait à considérer est celle qui se produit par les

vents violents ordinaires, au delà desquels le sommet de la tour n'est plus abordable.

Par les très fortes brises, cette flèche est de 4 à 5 centimètres.

Elle est de 9 centimètres pour un vent très fort,
— 15 — — impétueux,
— 22 — pour une tempête.

Ce sont là des flèches très faibles, et leur effet sera d'autant moins sensible que l'oscillation qui se produira sera d'une très grande lenteur en raison de la hauteur de la tour.

Ces flèches seraient bien plus importantes avec une tour en maçonnerie.

Les ascenseurs, étudiés par M. Heurtebise, présenteront une solution originale du problème et donneront une sécurité absolue.

L'ascension, dont la vitesse est volontairement réduite, durera 15 minutes, et 400 personnes par heure pourront arriver à la plate-forme supérieure.

Les dispositions de l'éclairage électrique ont été indiquées par MM. Sautter et Lemonnier, de manière à éclairer largement un cercle de 1 000 mètres de diamètre.

M. Eiffel donne le sous-détail des prix de cet ouvrage, qui se traduit par une dépense totale de 3 155 000 francs, y compris les fondations, les ascenseurs et leurs moteurs [1]. Il faut faire observer que, pour la destination de l'œuvre dont il s'agit, il n'y a pas lieu de tenir compte du prix du terrain.

Il n'y a, du reste, de réellement occupée que la surface des quatre massifs d'angle formant la base de la pyramide.

Le montage ne présentera pas de difficultés particulières et n'exigera pas plus d'une année.

Comme matière, l'emploi du fer ou de l'acier est tout indiqué, et M. Eiffel le justifie par des considérations développées dans son mémoire.

M. Eiffel ne croit pas que l'on arrive, pour la maçonnerie, soit seule, soit combinée avec le fer, à *une possibilité d'exécution*, à moins qu'on ne veuille mettre de côté toute question de prix. Il fait remarquer que ce qui limite pratiquement la hauteur de la tour en maçonnerie, c'est la résistance des mortiers, tout à fait indépendante de la résistance même de la pierre.

Les édifices considérés comme les plus hardis, et dont il cite des exemples d'après Navier, ne travaillent pas à plus de 15 à 20 kilogrammes par centimètre carré; exceptionnellement, les piliers de la tour de l'église Saint-Merri et ceux du dôme du Panthéon travaillent à $29^{kg},40$.

Il cite, comme autre exemple, le monument qu'on vient d'inaugurer à

1. Si l'on cherche ce que deviendrait la dépense, dans le cas d'une réduction dans la hauteur, on trouve qu'une tour de 250 mètres de hauteur et 85 mètres de base coûterait 2 000 000 de francs, et qu'une tour de 200 mètres de hauteur et 70 mètres de base coûterait 1 400 000 francs.

Dans le cas où l'une de ces tours serait, après la durée de l'Exposition, transférée en un point plus élevé de Paris, les dépenses relatives à ce déplacement seraient de :

Pour la tour de 250 mètres............ 500 000 francs
et pour celle de 200 mètres............ 375 000 francs.

Washington, et qui est un obélisque en granit de 169 mètres de hauteur, actuellement le plus haut monument du monde.

C'est une pyramide carrée qui a $16^m,80$ de côté à la base, et $10^m,50$ de côté au sommet; l'épaisseur des maçonneries varie de $4^m,57$ à $0^m,50$. L'effort de compression sur la base est de 20 kilogrammes par centimètre carré et, en tenant compte de l'effet du vent, de 25 kilogrammes.

L'exemple de cette tour n'est pas très encourageant pour la construction d'une tour en maçonnerie de 300 mètres : en effet, commencée en 1848, la pyramide arriva en 1854 à une hauteur de 46 mètres et s'inclina de telle façon qu'on dut suspendre les travaux et reprendre toute la fondation en sous-œuvre, en se résolvant en même temps à réduire la hauteur, primitivement prévue à 183 mètres, pour la ramener à 169 mètres.

En 1880, les travaux d'élévation recommencèrent et marchèrent régulièrement depuis, à raison de 30 *mètres par année*. La dépense s'élève actuellement à 6 222 000 francs et sera portée à 7 100 000 francs avec les travaux complémentaires.

Une pyramide analogue, de 300 mètres de hauteur, ne pourrait coûter moins de 16 000 000 de francs, y compris les fondations, et ce ne serait encore en somme qu'une sorte de haute cheminée, sans aucune ornementation.

Le fer ou l'acier semble donc la seule matière susceptible d'être employée pour une tour de cette hauteur.

M. Eiffel justifie l'utilité de cette tour, non seulement en rappelant la faveur du public pour les ascensions du ballon captif Giffard, mais encore en signalant toutes les applications scientifiques qu'elle peut recevoir, et il cite, à ce sujet, l'opinion de M. Hervé-Mangon et de M. l'amiral Mouchez, au point de vue spécial de la météorologie; de M. P. Puiseux, au point de de vue de l'astronomie physique et de la spectroscopie, et de M. le colonel Perrier, pour la télégraphie optique.

Ces applications sont ainsi résumées par ce dernier :

Astronomie. — Loi des réfractions, spectroscopie, raies telluriques.

Chimie végétale. — La végétation à 300 mètres, composition de l'air, acide carbonique.

Physique. — Déviation d'un corps qui tombe, électricité atmosphérique, Expérience de Foucault.

Guerre. — Télégraphie optique.

Ces savants attachent un très grand prix à la réalisation de cette tour en fer et insistent sur les inconvénients d'une tour en maçonnerie, dont la masse, par suite de l'impossibilité où elle serait de se mettre en équilibre de température avec l'atmosphère, rendrait toute observation impossible.

M. Eiffel résume sa communication comme il suit :

La possibilité d'exécution, avec l'emploi du métal, ne peut faire l'objet d'un doute sérieux. Les grands progrès réalisés dans les constructions métalliques assurent la réussite.

Le prix de 3 155 000 francs peut être considéré comme ne donnant place

à aucun aléa et n'est pas disproportionné avec les services que l'on peut attendre de la tour.

Cette tour serait une des grandes attractions de l'Exposition et resterait ensuite un des monuments les plus intéressants de Paris.

Enfin, elle peut sembler digne de personnifier l'art de l'ingénieur moderne et le siècle d'industrie et de science, dont les voies ont été préparées par la Révolution de 1789, à laquelle ce monument serait élevé comme témoignage de la reconnaissance de la France.

M. le Président remercie M. Eiffel de sa communication si intéressante, qui sera d'ailleurs insérée dans le Bulletin et contiendra alors les détails de calcul que M. Eiffel a dû supprimer aujourd'hui dans son exposé. M. le Président ne donne aujourd'hui la parole à personne pour les observations à présenter sur cette communication, parce qu'il pense que l'on pourra utilement consacrer une séance spéciale à la discussion contradictoire du projet de M. Bourdais et de celui de M. Eiffel. Plusieurs membres se sont déjà fait inscrire pour parler sur le premier, et d'autres auront certainement des observations à faire au sujet du second, lorsqu'ils auront pris connaissance des documents que M. Eiffel laisse très obligeamment à notre disposition.

M. Louis Boudenoot a la parole pour sa communication sur la *Distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié.*

M. Boudenoot expose tout d'abord les raisons qui font que la question de la distribution de la force motrice est une question éminemment actuelle et pressante.

L'utilité et la nécessité même de fournir de la force, à bon marché et commodément, aux nombreux agents de la petite industrie répandus dans les quartiers populeux des grandes villes, sont plus manifestes que jamais, et des efforts sont tentés de toutes parts pour donner à ce problème une solution satisfaisante.

Il y a longtemps déjà que l'idée a été émise de transmettre la force au moyen de l'air raréfié. C'est Papin qui, le premier, en 1688, dans les *Actes des Savants de Leipzig*, et en 1694 dans un autre ouvrage publié à Cassel, a fait ressortir les avantages de ce système, quant à la simplicité et à la commodité. Les freins à vide ne sont, du reste, qu'une application du système de l'air raréfié à la transmission ou du moins à la production de la force.

Quant à la distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié, c'est M. A.-L. Petit qui, en 1874, en a émis l'idée pour la première fois, et en même temps a communiqué à son entourage quelques idées relatives aux moteurs à air qu'il faudrait employer comme machines réceptrices, si l'on adoptait ce procédé de transmission.

Des expériences furent faites dans l'appartement d'un de ses amis, où l'on avait placé cinq ou six petits moteurs à air sur le parcours d'un tuyau

en plomb dont l'une des extrémités aboutissait à un réservoir d'air d'une vingtaine de litres ; et, dans ce réservoir, on fit le vide au moyen d'une pompe mue à la main. Les machines se mirent à marcher à la grande satisfaction des personnes invitées à assister à l'expérience, et deux des assistants, qui étaient ingénieurs-mécaniciens, encouragés par les résultats obtenus, offrirent leur concours à M. Petit, à l'effet d'entreprendre une expérience dans des conditions plus pratiques. De là naquit l'installation faite en 1881, au boulevard Voltaire, sous la direction de MM. Petit, Tatin et Bonnet. Cette installation consistait : en une machine aspirante, pompe à air de 35 litres de capacité ; en une salle d'expériences et de démonstration, dans laquelle fonctionnaient deux ou trois petits moteurs à air ; en une canalisation de 600 mètres de longueur environ ; enfin, en une série de machines réceptrices installées chez des particuliers.

Ces messieurs publièrent ensuite un Mémoire dans lequel ils rendaient compte des expériences et cherchaient à apprécier le rendement, en ajoutant quelques remarques sur le passage du fluide à travers la canalisation, et un aperçu idéal de ce que rapporterait une usine de plusieurs milliers de chevaux-vapeur distribuant la force sur le parcours d'un réseau long d'environ 20 kilomètres.

On verra plus loin que l'établissement d'un pareil centre de distribution serait peu praticable, et qu'en restant dans cet ordre d'idées on ne pouvait que piétiner sur place, sans aboutir à aucun résultat.

C'est alors que M. Petit vint soumettre son système à M. Boudenoot, le charger d'en étudier les détails techniques et le prier de s'associer à l'exécution de ses projets, s'ils lui paraissaient pratiques, utiles et avantageux.

M. Boudenoot dit qu'il alla alors visiter l'installation du boulevard Voltaire et qu'il parcourut quelques quartiers de Paris où demeurent des ouvriers en chambre, de manière à se rendre compte du nombre d'adhérents assurés à une entreprise industrielle qui offrirait à chaque travailleur, dans son logement même, un moteur économique, facile à installer, commode et nullement dangereux à manier.

Ayant trouvé le nombre de ces industries assez considérable pour croire au succès de la distribution de la force motrice en chambre, il n'hésita pas à prêter son concours d'ingénieur pour l'établissement d'une usine de distribution de force motrice à domicile, et, avant d'entrer dans l'étude spéciale du système de l'air raréfié, il se livra à un examen comparatif et rapide des divers procédés de transmission de force.

M. Boudenoot passe en revue ces divers procédés.

On ne pouvait songer aux câbles télédynamiques.

La vapeur d'eau a été essayée comme agent de transmission. Il y a à New-York une société industrielle qui distribue, dans les maisons, de la vapeur, que les consommateurs utilisent pour le chauffage ou pour la force motrice. On trouvera au Mémoire les détails de cette distribution qui se fait surtout à des établissements assez considérables, où l'on a besoin de machines puissantes, mais peu de petites machines.

Comme on songeait à distribuer la force à des clients dont la plupart ont besoin d'une force motrice inférieure ou au plus égale à un cheval, on devait écarter la vapeur comme agent de transmission.

Pour l'eau sous pression, on ne peut songer non plus à l'employer dans une grande ville comme Paris, comme agent de distribution de petites forces toujours en action. On ne peut, dans les quartiers populeux des grandes villes, installer, par exemple, les moteurs hydrauliques des villes et villages de la Suisse. Le cas qu'on se propose ne ressemble non plus nullement à ces transmissions de force hydrauliques, réalisées dans les ports ou dans quelques quartiers d'une ville comme Londres, spécialement occupés par des docks et de grands magasins où fonctionnent des appareils intermittents ou des grues hydrauliques, justifiant l'emploi des accumulateurs à haute pression.

Si l'on considère maintenant l'électricité, dans l'état actuel des choses, il y a encore, dans le transport électrique de l'énergie, deux éléments imparfaitement réalisés, deux grandes sources d'inconnu : *l'emmagasinage* et la *distribution*.

En attendant le résultat des essais et des expériences qui sont poursuivis en France, il faut bien, pour le moment, s'en rapporter aux choses connues; et, sinon pour l'éclairage, du moins pour le transport de l'énergie, on n'est pas encore, avec l'électricité, en face de rendements, de prix de revient ni de conclusions vraiment industrielles, basés sur la marche continue et régulière, prolongée, d'une véritable application pratique d'une usine.

Quant au système des accumulateurs, il n'est pas besoin de rappeler les expériences récentes et les tentatives qui n'ont abouti qu'à démontrer que le problème de la distribution de la force à domicile n'est pas encore résolu pratiquement par ce système.

Pour le gaz, il est certain que les moteurs à gaz ont résolu la question; mais il est permis de penser que les nombreux inconvénients qui les accompagnent peuvent leur faire préférer, en un grand nombre de cas, les moteurs à air. Les moteurs à gaz sont, en effet, plus grands et coûtent plus cher que les moteurs à air correspondants, comme le montrent les tableaux comparatifs qu'on trouvera au mémoire. Le prix de revient de la force distribuée est égal, sinon supérieur, à celui auquel on arrive dans le système de l'air raréfié. Enfin, on sait que le gaz dégage de la chaleur, et parfois aussi de mauvaises odeurs; ce qui constitue une condition fâcheuse pour les petits ateliers des travailleurs en chambre.

On doit remarquer que, dans les moteurs à air, on n'a pas à se préoccuper du retour comme avec la vapeur, l'eau, les câbles, ou l'électricité; on n'a pas à s'inquiéter du suintement, comme dans les conduites d'eau ; de la chaleur et de la condensation, comme dans les conduites de vapeur; de l'incandescence, des étincelles et de l'isolement imparfait, source de véritables dangers, comme dans les conducteurs électriques.

Ces divers avantages sont également applicables aux moteurs à air comprimé et aux moteurs à air raréfié. La Société de la rue Beaubourg a adopté

le système de l'air raréfié, à cause des avantages qu'il présente quand il s'agit de distribuer à domicile de petites forces.

Les inconvénients de l'air comprimé consistent dans l'élévation du prix de premier établissement et de production, et dans le faible rendement de ce mode de transmission.

Il résulte, en effet, d'un calcul comparatif qui sera inséré *in extenso* dans le Bulletin, que l'air raréfié donne un rendement de 45 pour 100, dans les conditions où l'air comprimé donne un rendement de 21 pour 100.

Le principe du système exploité dans l'usine de la rue Beaubourg est le suivant : au moyen de machines pneumatiques placées dans l'usine centrale, on entretient un vide de 75 pour 100 dans une canalisation qui pénètre dans les appartements, où elle peut être mise en communication avec le moteur installé chez le client, ce qui permet à ce moteur de prendre son mouvement sous l'action de l'air extérieur.

Pour constater la dépense de force employée par l'abonné, on se sert d'un compteur de tours adapté au moteur.

M. Boudenoot passe ensuite à la description de l'usine centrale de la rue Beaubourg.

Dans la cour vitrée est installé un générateur à vapeur qui alimente une machine de 70 chevaux, mais qui a une puissance suffisante pour alimenter deux machines de cette force, la place étant réservée à côté de la première machine pour trois autres semblables.

La machine actuelle est une machine Corliss horizontale, à détente et à condensation. A la suite du cylindre à vapeur et dans son prolongement, se trouve placé le cylindre à vent qui aspire l'air de la canalisation.

Les expériences ont démontré que, dans la compression qui s'opère dans le cylindre à vent, aspirant l'air à la pression 1/4 et le rejettant à la pression atmosphérique, il se produit un échauffement considérable, quand la condensation du fluide s'opère en une demi-seconde, temps correspondant à la marche de 60 tours. Il y avait donc lieu de décider tout d'abord quelles mesures on prendrait pour empêcher cet échauffement de l'air et préserver de ses effets les garnitures de piston.

On a préféré *l'injection d'eau* à *l'enveloppe* pour plusieurs raisons, dont les principales sont : que *l'enveloppe* n'agit que sur la masse d'air voisine des parois du cylindre, qu'elle augmente encore notablement le volume du cylindre à air dont les dimensions doivent déjà être relativement considérables, tandis que *l'injection d'eau* à l'état divisé refroidit la masse entière, n'augmente pas le volume de l'appareil, et a cet avantage de lubréfier les parois intérieures du cylindre et d'empêcher ainsi le grippement au contact du piston.

Pour la vitesse de la machine, il n'était pas nécessaire, dans le cas actuel, d'avoir une vitesse uniforme; mais il fallait se préoccuper de l'élasticité de la machine et employer un appareil qui agît sur sa marche, de telle sorte que la vitesse pût augmenter ou diminuer suivant que la pression d'air dans la canalisation augmenterait ou diminuerait.

On a obtenu ce résultat au moyen d'un régulateur spécial, actionné par la pression même de la canalisation.

Le volume du cylindre à air, calculé pour une distribution de 35 à 40 chevaux à domicile, correspond aux dimensions suivantes :

diamètre	$1^m,09$
hauteur.	$1^m,07$

La force de la machine à vapeur a été calculée pour produire le travail qui correspond à l'extraction de l'air pénétrant dans la canalisation, installée pour une distribution de 35 à 40 chevaux. Les calculs de ce travail seront publiés *in extenso* dans le mémoire, et nous nous contenterons de donner ici les formules d'où l'on est parti et celles auxquelles on est arrivé :

$$(2) \quad T = p_0 v_0 \, lg \frac{v}{v_0}$$

$$(3) \quad \text{ou } T = p_0 v_0 \, lg \frac{p_0}{p}$$

Travail produit par une masse d'air qui se détend.

$$(10) \quad T = \frac{PV}{4}(1 + lg\, 4) - \frac{P}{4}(v + V)\, lg \frac{v + V}{V}$$

$$(16) \quad T = \frac{PV}{K}\left\{1 + lg\, K - (m + 1)\, lg \frac{m + 1}{m}\right\}$$

La formule (16) donne le travail nécessaire pour maintenir la pression $\frac{P}{K}$ dans une canalisation d'un volume v, à l'aide d'un cylindre aspirant de volume V, le volume des récepteurs étant alors naturellement égal à $\frac{V}{K}$.

On a posé $v = mV$.

La formule (10) est la formule (16), dans laquelle on a fait $K = 4$, ce qui est le cas considéré.

M. Boudenoot indique toutes les installations nécessaires et arrive à la *canalisation*.

Sous ce titre générique, il décrit tous les appareils qui laissent passer le fluide depuis sa sortie des machines réceptrices jusqu'à son entrée dans le cylindre aspirant.

La canalisation proprement dite comprend d'abord : les tuyaux en fonte placés dans les égouts, et dont les diamètres diminuent à mesure qu'on s'éloigne de l'usine centrale. Ces tuyaux ont : les uns 250^{mm} ; les autres 200^{mm} ; et les plus éloignés de l'usine, 150^{mm}. Sur ces conduites, placées dans les égouts, viennent se raccorder les branchements particuliers et les colonnes montantes. Les colonnes montantes sont en plomb, et les tubes qui les composent ont des diamètres plus ou moins grands, suivant le nombre de clients desservis dans la maison où ces colonnes montantes sont installées. Il en est de même des conduites intérieures aux appartements.

Le calcul des pertes de charge dues au passage de l'air dans la canalisation a été fait en appliquant la formule de Stockalper :

$$J = \alpha Q^2 \delta,$$

dans laquelle :

J représente la perte de charge par mètre courant, exprimée par une hauteur d'eau en mètres ;

Q représente le volume d'air écoulé par seconde, exprimé en mètres cubes ;

δ est le poids du mètre cube d'air ;

α est un coefficient, dont on a les valeurs pour les différents diamètres de tube.

On a ainsi pu établir la canalisation dans des conditions telles que, pour la force que l'on se proposait de distribuer à une distance connue, on n'eût pas une perte totale supérieure à 3 à 4 pour 100.

M. Boudenoot décrit successivement les divers organes auxiliaires de la canalisation, et arrive à la dernière partie de l'ensemble qui constitue l'installation totale d'une distribution de force, savoir les machines réceptrices.

Les divers systèmes de moteurs adoptés dans l'usine de la rue Beaubourg comprennent : le moteur oscillant, le moteur rotatif et le moteur à fourreau. Ces deux derniers moteurs sont construits de manière à marcher en détente, et le moteur à fourreau porte un régulateur à force centrifuge, actionné par l'arbre et disposé d'une façon spéciale sur la conduite à air raréfié, qu'il ouvre plus ou moins, de telle sorte que le moteur soit réglé suivant les cas à un nombre de tours déterminé.

Quant aux dimensions à donner aux machines réceptrices, et spécialement à leur capacité effective, elles ont été établies conformément aux conclusions du calcul qui sera donné dans le Bulletin, en tenant compte du coefficient de rendement organique.

Ce calcul est celui du travail des machines réceptrices. Nous n'en reproduirons, dans ce compte rendu résumé, que les formules finales. Elles sont :

1° Dans le cas de la pleine pression :

$$T = \frac{3}{4} P V;$$

2° Dans le cas de la détente aux 3/8 (qui offre les meilleures conditions de marche, d'après l'expérience),

$$T = \frac{3}{8} PV\left(1 + lg\frac{8}{3}\right) - P\frac{V}{4}.$$

Le coefficient de rendement organique varie, non seulement avec le genre de machines, mais aussi, pour un même genre de moteurs, avec les

dimensions mêmes de ces machines, et avec la vitesse qu'on leur fait prendre. On trouvera au Bulletin le résultat des expériences.

En somme, pour les moteurs de 3 et 6 kilogrammètres, on peut compter sur un rendement organique de 40 à 45 pour 100; pour ceux de 12 et 24 kilogrammètres, le coefficient serait de 50 à 55 pour 100; et pour ceux de 40 et de 80 kilogrammètres, il peut atteindre 55 à 65 pour 100.

M. Boudenoot termine par quelques mots sur le service de l'exploitation, qui se divise en deux parties : l'exploitation technique et l'exploitation commerciale; sur la comptabilité du matériel partagé en matériel fixe et en matériel mobile; sur les essais dont les moteurs sont l'objet avant d'être installés chez les clients; sur la surveillance et l'entretien de ces moteurs.

Pour l'exploitation commerciale, M. Boudenoot expose qu'elle se fait d'une manière analogue à celle de l'industrie du gaz, avec cette différence : qu'il n'y a aucune autorisation administrative à obtenir pour installer un moteur à air, tandis qu'il en faut une pour installer des appareils à gaz. Et on en conçoit aisément le motif : le gaz d'éclairage est, en effet, un mélange détonant, inflammable, dangereux en certains cas, tandis que l'air atmosphérique ne l'est pas.

Le prix de la force dépensée se compte au millier de tours indiqués par le compteur. On relève les compteurs tous les dix jours, et on présente les quittances d'abonnement quelques jours après.

La mise en charge des conduites a lieu actuellement huit heures par jour. Dans quelque temps, les conduites seront en charge, tous les jours, excepté le dimanche, pendant douze heures par jour. Plus tard, quand on aura installé les machines aspirantes qui doivent se placer à côté de la première, on conservera la mise en charge jusqu'à une heure avancée de la nuit, afin de pourvoir au service de l'éclairage électrique.

Il est à remarquer, en effet, que, jusqu'à ce jour, l'emploi des lampes électriques ne s'est pas propagé chez les particuliers, parce que l'on manquait d'un moteur commode pour actionner la petite machine dynamo-électrique, destinée à engendrer le courant. Quand il s'agit d'éclairer un vaste édifice, le nombre des lampes à entretenir est assez grand pour que la force motrice nécessaire soit fournie par une machine à vapeur. Mais si l'on veut éclairer un appartement particulier, il suffit, suivant les cas, de trois, quatre, cinq ou six lampes, une dizaine au plus. Une machine d'un cheval, d'un demi-cheval, d'un tiers de cheval est alors suffisante; et, pour une force si petite, l'on ne peut songer à la vapeur comme agent direct de production de force.

Quant aux machines à gaz, il serait illogique de brûler le gaz comme force motrice destinée à produire de l'éclairage électrique, plutôt que de l'employer directement à l'éclairage même.

Ces considérations ont frappé déjà plusieurs ingénieurs dont l'industrie consiste à faire chez les particuliers des installations d'éclairage électrique; et les promoteurs du système pneumatique ont reçu la visite de plusieurs

d'entre eux, qui désirent combiner le placement de leurs appareils avec celui des machines à air.

Ce simple fait montre, qu'en certains cas, loin d'avoir à redouter la concurrence de l'électricité, la société pneumatique trouvera en elle un précieux auxiliaire, à titre de réciprocité d'ailleurs.

M. Armengaud demande si M. Boudenoot peut nous dire quelles sont les industries auxquelles on distribue la force par l'air raréfié.

M. Boudenoot a, en effet, oublié, dans l'abrégé rapide qu'il vient de faire, de donner cette indication qui se trouve développée dans son mémoire.

La Société pneumatique distribue la force aux travailleurs qui emploient les outils suivants : tours à polir les métaux, tours à bois, tours à guillocher et repousser, laminoirs, perceuses, raboteuses, fraiseuses, machines à couper et à tailler, à glacer, à rogner, à hacher les viandes, à visser, à broyer, à dévider, à lapider, à biseauter, à graver, imprimer, tisser, tresser ; aux machines à coudre, à broyer, à plisser, etc., aux scies à bois et à métaux, scies sans fin et à repasser, brûloirs, ventilateurs, meules diverses, etc.

Telles sont, dit M. Boudenoot, les conditions dans lesquelles a été conçue et exécutée l'entreprise de distribution de force motrice à domicile, dont il a eu l'honneur de diriger les travaux en collaboration avec M. Petit, promoteur du système de transmission pneumatique de la force. Ils sont heureux en terminant de rendre justice, devant la Société des Ingénieurs civils, à l'intelligence et à l'activité de leurs entrepreneurs, ainsi qu'au dévouement et au zèle désintéressés dont a fait preuve leur personnel pendant toute la période de construction.

M. Boudenoot adresse en outre, pour sa part, de sincères et vifs remerciements à notre sympathique vice-président, M. Brüll, toujours prêt à aider de ses conseils les jeunes collègues qui ont recours à lui, quand ils se trouvent embarrassés par quelque question épineuse.

Ainsi qu'il le disait au commencement de cette étude, la question de la distribution de la force motrice à domicile, est actuelle et pressante, surtout pour la petite industrie parisienne qui souffre aujourd'hui, plus peut-être que toutes les autres industries, de la crise générale des affaires, et qui doit lutter avec une concurrence étrangère toujours croissante. Outre le poids des charges fiscales, le prix élevé de la main-d'œuvre intervient pour rendre la lutte plus malaisée et plus rude ; et les petites industries de la tabletterie, de la bimbeloterie, et de l'article de Paris, industries éminemment françaises et spécialement parisiennes, ont vu, de 1877 jusqu'à 1884, leurs exportations diminuer sensiblement.

Les promoteurs du système de distribution de la force par le vide espèrent qu'il aura pour résultat de diminuer notablement le prix de la main-d'œuvre chez les petits industriels qui l'emploieront, et qu'il contribuera, pour son humble part, à leur rendre la concurrence étrangère moins difficile à vaincre.

Il ne faut pas que les ouvriers se fâchent contre les machines, nous

disait récemment notre honorable Président. En entendant ces paroles M. Boudenoot en a aussitôt fait l'application aux petits moteurs à air raréfié; et, sur ce point, les ouvriers en chambre qui sont les clients de la Société, partageront bien certainement l'avis de M. de Comberousse.

Les étrangers, eux aussi, s'occupent d'améliorer les conditions de la petite industrie. M. Boudenoot a indiqué les entreprises conçues dans ce sens en Amérique et en Angleterre. En Autriche, avait lieu, il y a six mois, dans le même but, une exposition universelle des petits moteurs industriels. Et l'archiduc Charles admirait ces machines qui, disait-il, « font pénétrer les bénédictions du progrès, les bienfaits de la technique moderne, dans le plus humble atelier, chez le plus pauvre artisan. » Il ajoutait qu'on ne croirait plus désormais que la science favorise seulement les grandes sociétés, les entreprises colossales, au détriment des petits et des travailleurs isolés, mais qu'elle vient aussi en aide à la petite industrie.

M. Boudenoot pense que les inventeurs des moteurs à air raréfié pourront prendre leur modeste rang parmi ceux dont les efforts ont réussi à démocratiser la machine et à la mettre à la portée des travailleurs en chambre. Aussi compte-t-il trouver dans les 929 596 habitants de Paris, que le recensement de 1881 indique comme s'occupant de petite industrie, le noyau d'une clientèle assez nombreuse pour faire vivre et prospérer l'entreprise.

Les abonnés sont intéressés directement au succès de l'œuvre, qui leur permettra de produire plus commodément et à meilleur marché; les inventeurs ont voulu les y intéresser encore davantage en leur attribuant une participation aux bénéfices.

C'est un procédé qu'ils croient propre aussi à contribuer à la réalisation de cette union si désirable du capital et du travail, but que tout ingénieur soucieux de remplir dignement les devoirs de sa profession, doit avoir toujours présent à la pensée.

M. Boudenoot remercie les membres de la Société de la bienveillante attention qu'ils ont bien voulu lui prêter. Si quelque membre désire lui poser quelque question, il se met à la disposition de la Société pour y répondre, soit aujourd'hui, soit dans une séance ultérieure.

M. Simon demande à M. Boudenoot quel est le nombre d'abonnés existant actuellement.

M. Boudenoot répond qu'il y a à considérer deux cas, suivant qu'il s'agit du nombre d'abonnés servis ou de celui d'abonnés inscrits; le premier est d'environ une douzaine; le second s'élève à 150; la société installe des moteurs chaque semaine à mesure qu'on les lui livre, à raison d'une dizaine par mois; on les placera jusqu'à extinction et, plus tard, on pourra augmenter considérablement le nombre des abonnés.

M. Simon voudrait ajouter un mot, en remerciant pour sa part, M. Boudenoot de sa communication: depuis longtemps déjà, on s'est préoccupé en France de la question des petits moteurs, et il ne lui paraît pas juste de laisser croire que l'étranger nous ait précédés dans cette voie. La

Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, notamment, a élaboré, il y a quelques années, un programme et a proposé un prix pour de petits moteurs d'atelier : elle s'est donc intéressée à la solution du problème.

M. Boudenoot a dit précisément que cette question est depuis nombre d'années à l'étude, mais que c'est la première fois que la transmission de la force divisée se fait par l'air raréfié; l'emploi de l'air avait toujours eu lieu, jusqu'ici, sous forme d'air comprimé; c'est donc dans ce sens qu'il y a une application nouvelle. Il sait également qu'il y a eu plusieurs moteurs primés par la Société d'encouragement.

M. Simon voulait seulement faire remarquer qu'il lui paraissait ressortir de ce qu'avait dit M. Boudenoot que l'étranger nous avait précédés dans cette voie; il ne croit pas que ce soit exact.

M. Boudenoot croit qu'il y a eu à l'étranger des distributions de force motrice avant qu'il n'y en ait eu en France. Quant aux petits moteurs à gaz, à vapeur et autres, qu'on installe isolément chez des particuliers il est possible que l'étranger ne nous ait pas devancés dans cette voie; il y en a même qui ont justement attiré l'attention; ainsi l'on a pu voir dernièrement, à l'Exposition, les petits moteurs à vapeur d'un cheval, d'un demi-cheval, construits par M. Abel Pifre, de Levallois, auxquels M. Armengaud voulait faire sans doute allusion tout à l'heure; mais, pour la distribution de la force motrice à domicile par l'air raréfié, M. Boudenoot croit que c'est une chose nouvelle, en France comme à l'étranger.

M. Armengaud dit que dans les industries que M. Boudenoot a énumérées, il n'a pas vu figurer les machines à coudre, qui présentent une grande importance. Parmi les travailleurs, il faut mettre au premier rang les femmes : c'est une question de haute moralité; la couture trouverait dans les moteurs qui viennent d'être décrits un auxiliaire puissant; le moteur de 3 kilogrammètres suffirait, pense M. Armengaud, pour la lingerie; il croit se souvenir qu'en 1878 il y a eu des conférences très intéressantes sur l'application des petits moteurs aux machines à coudre. Il demande quelle serait la dépense de location de force motrice pour une ouvrière occupant une machine à coudre pendant une journée de dix heures.

M. Boudenoot est reconnaissant à M. Armengaud d'avoir attiré son attention sur ce point; c'est une simple omission, car il peut citer des moteurs qui actionnent actuellement des machines à coudre. Le prix total de l'heure serait de 0 fr. 09; par conséquent, un de ces moteurs travaillant *à pleine puissance*, pendant dix heures par jour, dépenserait 0 fr. 90; ce chiffre comprend non seulement la force dépensée, mais la location du moteur et autres frais accessoires.

M. Armengaud trouve ce chiffre encore beaucoup trop élevé; il a été démontré que, pour cette application spéciale, la dépense des moteurs électriques revenait à 0 fr. 40; or l'ouvrière, travaillant à la pédale, ne gagne que 2 francs à 2 fr. 50 par jour; si on lui retire seulement 0 fr. 50 par jour, on diminue beaucoup son salaire.

M. Boudenoot répond tout d'abord, que la dépense de 0 fr. 90 correspond à un travail transmis de 3 kilogrammètres pendant 10 heures; or une ouvrière, pour coudre, ne prendra pas, sur ce moteur de 3 kilogrammètres, tout le travail qu'il peut donner en pleine puissance, mais seulement 1 kilogrammètre et demi, ce qui est parfaitement suffisant. Elle ne payera donc que la moitié environ de la somme indiquée, c'est-à-dire 0 fr. 45 à 0 fr. 50 par jour. On rentre donc dans les conditions indiquées par M. Armengaud. Il faut ajouter à cela qu'avec le moteur, l'ouvrière donnera un travail plus considérable; M. Boudenoot sait de source certaine qu'elle peut dans ce cas doubler son travail. Il faut dire aussi que la Société a en ce moment des frais généraux considérables, qui diminueront par la suite et permettront d'abaisser les prix, qui sont des maximums. Une ouvrière pourra en outre, avec ce système, conduire plusieurs machines à la fois.

M. Boudenoot se met d'ailleurs à la disposition des membres de la Société qui voudraient venir visiter l'usine de force motrice, qui fonctionne tous les jours. Relativement à la conduite des machines à coudre, l'ouvrière met la machine en marche, et le linge se présente de lui-même sans qu'il soit nécessaire de le diriger.

M. Armengaud demande si l'on peut régler la vitesse de la marche à volonté.

M. Boudenoot répond affirmativement et, de plus, il dit qu'en marchant moins vite, la dépense est moindre; quand la machine est arrêtée, le compteur ne marque pas, et l'on ne paye rien, de sorte que M. Boudenoot pense qu'il y aura un intérêt pécuniaire réel, outre l'intérêt évident de commodité, de sûreté et d'hygiène, pour l'ouvrier ou l'ouvrière qui se sert de la machine à coudre, à employer ces moteurs.

D'ailleurs, la Société ne renonce pas à abaisser les prix, lorsque ses frais généraux auront diminué par suite de l'extension de l'entreprise, ainsi que les frais de construction des moteurs ; les premières machines, comme chacun sait, coûtent toujours davantage, surtout quand on ne peut les commander qu'en petit nombre. Tout change dès qu'on n'en est plus aux débuts, qu'on a établi une construction courante, et qu'on commande un grand nombre des mêmes machines à la fois, comme on pourra le faire plus tard.

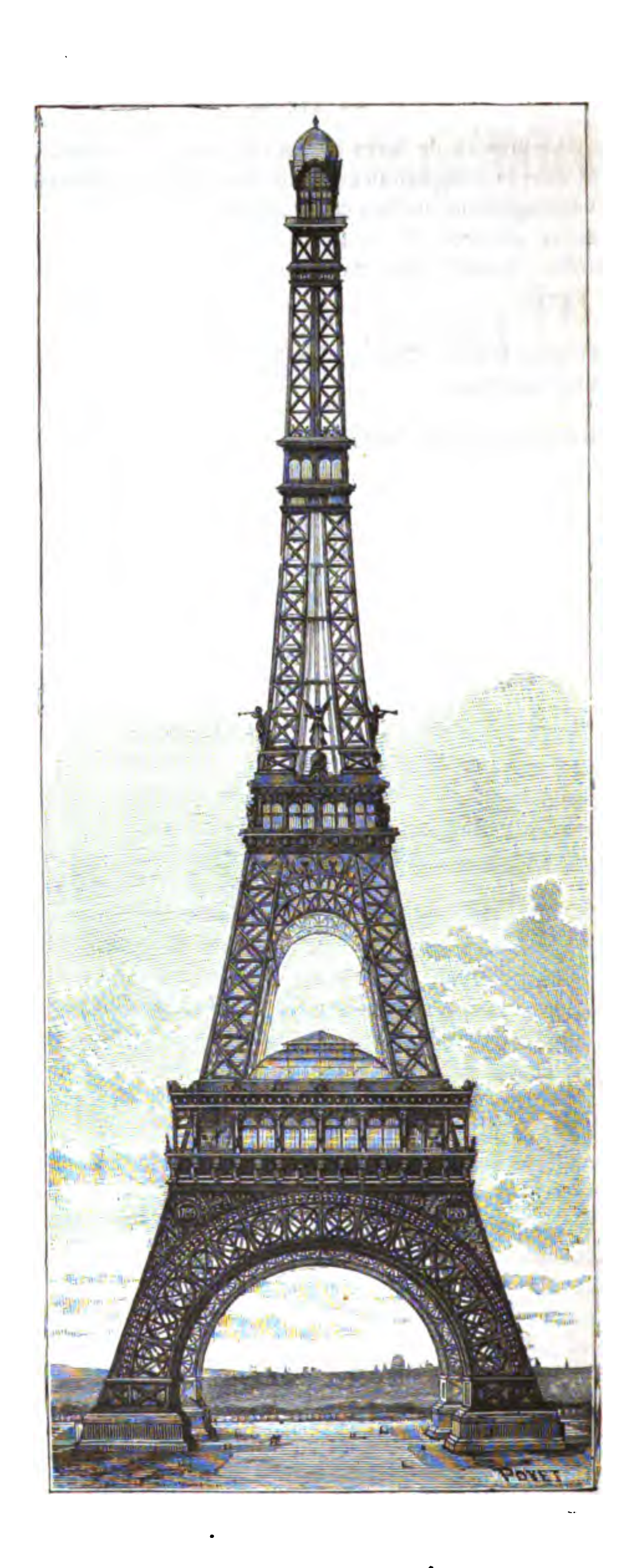
M. le Président remercie M. Boudenoot de sa communication qui nous a beaucoup intéressés, comme le prouvent d'ailleurs les observations qui viennent d'être faites. Il remercie également M. Petit qui a été le promoteur de cette idée, et qui ne peut être séparé de M. Boudenoot dans nos sentiments d'estime et de sympathie. Il espère que ces messieurs verront leur clientèle grandir et, quand ils auront 3 000 abonnés, il invite M. Boudenoot à nous tenir au courant des progrès accomplis, tant au point de vue des modifications faites aux machines que de la baisse des prix qui aura été sans doute une des causes de la prospérité acquise. M. le président conseille à M. Boudenoot de venir, suivant ce qu'a indiqué M. Simon, à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, exposer le sys-

tème de la transmission de force à domicile par l'air raréfié, car il rentre parfaitement dans la désignation générale des « Moteurs domestiques. » La Société d'Encouragement lui fera certainement bon accueil.

M. BOUDENOOT remercie M. le Président de ses flatteuses et encourageantes paroles ; il peut être certain que ses indications et ses bons conseils seront suivis.

MM. Baranger, Bordet, Chalon, Eugène Maiche et Montagnan ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.


POYET

PROJET D'UNE TOUR EN FER

DE

300 MÈTRES DE HAUTEUR

DESTINÉE A L'EXPOSITION DE 1889

PAR G. EIFFEL

Depuis que mes collaborateurs MM. Nouguier, Kœchlin et Sauvestre, ainsi que moi-même, nous avons saisi l'opinion publique d'un projet de tour en fer de 300 mètres de hauteur, destinée à l'Exposition de 1889, l'idée a fait son chemin.

Une grande partie de la presse française et étrangère, scientifique ou politique, s'en est occupé, et il y a peu de personnes qui ne connaissent aujourd'hui ce projet dans ses lignes principales.

Il nous a attiré à l'origine des critiques assez vives, surtout au point de vue de l'utilité d'une pareille construction, mais nous avons aussi recueilli des adhésions et des encouragements, venant d'hommes considérables, qui nous permettent d'avoir maintenant confiance dans la mise à exécution de ce projet.

Actuellement la question se trouve bien posée; les différentes objections qui pouvaient se produire se sont manifestées, comme aussi l'indication des applications réellement possibles; et le moment est venu d'exposer à la Société, pour la première fois sous une forme technique, le projet qu'elle connaît dans son ensemble et que nous avons étudié dans ses détails.

L'idée en elle-même n'est pas nouvelle : sans qu'il soit besoin de remonter à la tour de Babel, nous rappellerons qu'une tour de mille

pieds avait été proposée en 1874, pour l'Exposition de Philadelphie; nous ne savons pour quelles raisons elle n'a pas été exécutée.

En 1881, M. Sébillot proposa d'éclairer Paris par un foyer électrique placé à 300 mètres de hauteur. Cette idée, sur l'utilité pratique de laquelle nous n'avons pas à nous expliquer ici, n'a eu aucune suite jusqu'à présent.

Cependant, après les études que nous eûmes l'occasion de faire sur de hautes piles métalliques supportant les viaducs de chemin de fer, comme celui de Garabit, nous fûmes conduits à penser que l'on pouvait donner à celles-ci, sans difficultés très considérables, des hauteurs bien plus grandes que celles qui avaient été réalisées jusqu'ici.

§ 1er. — Considérations générales sur l'exécution des hautes piles métalliques.

La principale difficulté que l'on rencontre pour l'établissement de ces hautes piles métalliques est celle-ci :

Dans le mode habituel de construction, on dispose dans le plan des grandes faces normales à l'axe du viaduc un système de treillis très énergique destiné à résister à l'action du vent; la base des piles venant naturellement à s'élargir en raison de l'augmentation de la hauteur, ces barres de treillis, par suite de leur grande longueur, deviennent d'une efficacité à peu près illusoire.

On peut bien leur donner la forme de caissons, ainsi que nous en avons les premiers fait l'application, de manière à ce que chacune d'elles soit susceptible de travailler aussi bien à la traction qu'à la compression; mais néanmoins elles restent un grand sujet de difficulté, si l'écartement des pieds de la pile atteint 25 ou 30 mètres. Il y a donc grand avantage à se débarrasser complètement de ces pièces accessoires, dont le poids devient relativement très élevé et à donner à la pile une forme telle que tous les efforts tranchants viennent se concentrer dans ses arêtes, et ce, en la réduisant à quatre grands montants dégagés de tout treillis de contreventement, et réunis simplement par quelques ceintures horizontales très espacées.

S'il s'agit d'une pile supportant un tablier métallique et si l'on ne tient compte que de l'effet du vent sur le tablier lui-même, lequel est toujours très considérable par rapport à celui exercé sur la pile, il suffira, pour

pouvoir supprimer les barres de contreventement des faces verticales, de faire passer les deux axes des arbalétriers par un point unique placé sur le sommet de cette pile.

Il est évident, dans ce cas, que l'effort horizontal du vent pourra se décomposer directement suivant les axes de ces arbalétriers et que ceux-ci ne seront soumis à aucun effort tranchant.

Si, au contraire, il s'agit d'une très grande pile, telle que notre tour actuelle, dans laquelle il n'y a plus au sommet la réaction horizontale du vent sur le tablier, mais simplement l'action du vent sur la pile elle-même, les choses se passent différemment et il suffit, pour supprimer l'emploi des barres de treillis, de donner aux montants une courbure telle que les tangentes à ces montants, menées en des points situés à la même hauteur, viennent toujours se rencontrer au point de passage de la résultante des actions que le vent exerce sur la partie de la pile qui se trouve au-dessus des points considérés.

Enfin, dans le cas où l'on veut tenir compte, à la fois de l'action du vent sur le tablier supérieur du viaduc, et de celle exercée sur la pile elle-même, la courbe extérieure de la pile se rapproche sensiblement de la ligne droite.

Une haute pile de viaduc, telle que nous la concevons, serait donc ainsi simplement constituée par quatre montants d'angle, en forme de caissons. Les parois en seraient évidées afin de diminuer la surface offerte au vent. — La base, dont le rapport avec la hauteur serait aussi grand qu'on le désirerait, permettrait de donner à la construction toute la stabilité désirable.

Nous avons étudié dans cet ordre d'idées une grande pile de viaduc de 120 mètres de hauteur et de 40 mètres de base, aux avantages pratiques de laquelle nous croyons fermement et que nous espérons bien avoir un jour l'occasion d'appliquer à un grand ouvrage.

§ 2. — Description sommaire des dispositions de la tour en fer de 300 mètres.

C'est l'ensemble de ces recherches qui nous a conduits à étudier une tour ou pylône, atteignant la hauteur tout à fait inusitée de 300 mètres.

Voici sommairement la description de cette tour :

L'ossature se compose essentiellement de quatre montants formant

les arêtes d'une pyramide à faces courbes; chaque montant offre une section carrée décroissant de la base au sommet et forme un caisson courbe à grands treillis ayant 15 mètres de côté à la base et 5 mètres au sommet.

L'écartement des pieds des montants est de 100 mètres d'axe en axe; ces montants reposent sur de solides massifs de fondations dans lesquels, pour donner un excès de stabilité, ils viennent s'ancrer.

Au premier étage, c'est-à-dire à 70 mètres environ au-dessus du sol, les montants sont réunis par une galerie vitrée de 15 mètres de largeur faisant le tour de la construction.

Cette galerie, d'une surface de 4200 mètres carrés y compris les balcons, servirait de lieu de réunions, soit pour des restaurants, soit pour différents services dont nous parlerons plus loin.

Au deuxième étage est une salle carrée, également vitrée, de 30 mètres de côté.

Au sommet est installée une coupole vitrée avec balcon extérieur de 250 mètres carrés, d'où l'on découvrira le magnifique panorama de 120 kilomètres d'étendue qui se développera sous les yeux des spectateurs; on pourra procéder sur cette terrasse à des observations et à des expériences scientifiques, ou y installer un foyer électrique destiné à l'éclairage de l'Exposition.

A la partie inférieure de la tour et dans chacune des faces est une arche grandiose de 80 mètres d'ouverture et de 50 mètres de hauteur qui, par son bandeau largement ajouré et par ses tympans portant des ornements de colorations diverses, forme le principal élément de la décoration.

La circulation des visiteurs s'établirait par des ascenseurs disposés dans l'intérieur des montants.

§ 3. — Conditions de résistance et de stabilité de la tour; effets du vent; fondations; flèche au sommet.

J'arrive maintenant aux conditions de résistance :

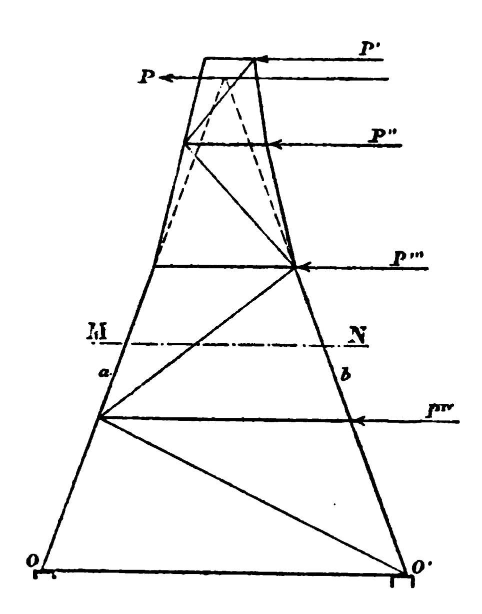
La décomposition des efforts dus au vent s'établit d'après les principes que nous avons posés précédemment.

Supposons, pour un instant, que nous ayons disposé dans les faces

un treillis simple formant une paroi résistant aux efforts tranchants du vent dont les composantes horizontales sont :

$$P', P'', P''', P''''.$$

On sait que pour calculer les efforts agissant dans les trois pièces coupées par un plan MN, il suffit de déterminer la résultante P de toutes les forces extérieures agissant au-dessus de la section, et de décomposer cette résultante en trois forces passant par les pièces coupées.



Si la forme du système est telle que, pour chaque coupe horizontale MN, les deux arbalétriers prolongés se coupent sur la force extérieure P, les efforts dans la barre de treillis seront nuls et l'on pourra supprimer cette barre.

C'est l'application de ce principe qui constitue une des particularités de notre système, et que nous croyons intéressant de signaler à l'attention de la Société.

On arrive de cette façon à ce que la direction de chacun des éléments des montants s'infléchit suivant une courbe tracée sur l'épure (fig. 1, pl. 91), et en réalité la courbe extérieure de la tour reproduit, à une échelle déterminée, la courbe même des moments fléchissants dus au vent..

L'incertitude qui existe sur les effets du vent et sur les données à adopter, tant pour l'intensité même que pour la valeur des surfaces frappées, nous a conduit à nous mettre dans des conditions de prudence particulières.

En ce qui concerne l'intensité, nous avons admis deux hypothèses : l'une qui suppose que le vent a sur toute la hauteur de la tour une force constante de 300 kilogrammes par mètre carré ; l'autre que cette intensité va en augmentant de la base, où elle est de 200 kilogrammes, jusqu'au sommet, où elle atteint 400 kilogrammes.

Quant aux surfaces frappées, nous n'avons pas hésité, malgré son apparente exagération, à admettre l'hypothèse que, sur la moitié supérieure de la tour, tous les treillis du caisson étaient remplacés par des parois pleines ; que sur la partie intermédiaire, où les vides prennent plus d'importance, chaque face antérieure était comptée à quatre fois la surface réelle des fers ; au-dessous (galerie du premier étage et parties supérieures des arcs), nous comptons la surface antérieure comme pleine ; enfin, à la base de la tour, nous comptons les montants comme pleins et frappés deux fois par le vent.

Ces hypothèses sont plus défavorables que celles qui sont généralement adoptées pour les viaducs.

Avec ces surfaces, nous avons fait les calculs dans l'une et l'autre hypothèse de répartition de l'intensité du vent, et on peut voir, d'après l'épure, que les deux polygones funiculaires auxquels on arrive sont à peu de chose près identiques.

Dans l'hypothèse d'un vent uniforme de 300 kilogrammes sur toute la hauteur, l'effort horizontal total sur la construction est de 3 284 tonnes, et le centre d'action est situé à 92m,30 au-dessus de l'appui. Le moment de renversement est donc de :

$$M_s = 3\,284 \times 92^m,30 = 303\,113 \text{ tonnes mètres.}$$

Quant au moment de stabilité, le poids total de la construction est le suivant :

Métal.	4 800 tonnes.
Planchers hourdés 5 500^{m2} à 300^k.	1 650 —
Divers.	50 —
Total.	6 500 tonnes.

La base de la tour étant de 100 mètres, le moment de stabilité sera de :

$M_s = 6\,500^t \times \frac{100}{2} = 325\,000$ tonnes mètres, qui est superieur au moment de renversement.

Dans la deuxième hypothèse, celle d'un vent variant de 200 à 400 kilogrammes, l'effort horizontal total n'est plus que de 2 874 tonnes, mais le centre d'action s'élève à 107 mètres au-dessus de l'appui, le moment de renversement est donc de :

$$M_r = 2\,874 \times 107 = 307\,518 \text{ tonnes mètres.}$$

Ce chiffre est presque identique à celui de la première hypothèse et reste inférieur au moment de stabilité.

Mais nous pouvons augmenter encore notablement le degré de sécurité en amarrant chacune des quatre membrures des montants au massif du soubassement au moyen de trois tirants de $0^m,11$ de diamètre qui intéresseront un cube de maçonnerie suffisant pour doubler le coefficient de sécurité.

Relativement aux fondations, il suffit de donner quelques chiffres pour montrer qu'elles seront très faciles à exécuter.

Elles sont ainsi constituées :

Chacune des membrures d'angle s'appuie sur un massif carré en maçonnerie ordinaire de 6 mètres de hauteur et de 8 mètres de côté, reposant sur une base en béton de 4 mètres d'épaisseur et de 9 mètres de côté.

Ces massifs qui sont traversés par des amarrages d'une longueur de 8 mètres, sont reliés les uns aux autres par un mur de 1 mètre d'épaisseur, et il reste entre eux une grande salle vitrée d'environ 250 mètres carrés, qui sera utilisée pour les accès aux ascenseurs et l'installation des machines.

Dans ces conditions, la charge sur le sol de fondation, dans le cas du vent de 300 kilogrammes, sera la suivante :

1° Charge due au montant métallique :

Pour la charge propre.	$\frac{6\,500}{4} = 1\,625$	tonnes.	3 162 tonnes.
Pour l'effet du vent..	$\frac{307\,518}{2 \times 100} = 1\,537$	—	
2° Charge due aux maçonneries.			5 400 —
Ensemble.			8 562 tonnes.

qui se répartissent sur une surface de 324 mètres carrés, soit par centimètre carré :

$$\frac{8\,562\,000}{3\,240\,000} = 2^{k},6 \text{ en moyenne}$$

et $4^{k},50$ sur l'arête la plus comprimée.

Enfin, quant au travail maximum du fer, nous ferons observer qu'il doit être établi en vue d'un vent de 300 kilogrammes, lequel est tellement exceptionnel qu'il n'y en a pas encore d'exemple à Paris, et nous fixerons ce coefficient de travail à 10 kilogrammes, ce qui, dans les circonstances ordinaires des vents à Paris, correspondra à un travail effectif de 6 à 7 kilogrammes.

Du reste, ce coefficient de 10 kilogrammes est usuel en Allemagne et en Autriche pour les grandes charpentes métalliques qui ne sont pas soumises, comme les ponts, aux trépidations dues aux trains.

Nous l'avons appliqué nous-même, et d'une manière générale, à la gare de Buda-Pest, et, en France, les compagnies de chemins de fer l'appliquent aussi pour les grandes charpentes.

La part du coefficient total, due aux charges propres, est dans notre tour, de 5 kilogrammes, et la part due au vent de 300 kilogrammes est de 5 kilogrammes également, laquelle se réduira à 1 ou 2 kilogrammes pour les vents violents ordinaires à Paris.

Je dois parler aussi de la flèche que peut prendre une tour de cette nature sous l'influence du vent : la question a de l'intérêt, non pas au point de vue de la flèche qui peut se produire dans les limites extrêmes des vents de 300 et 400 kilogrammes, dont on n'a pas à s'inquiéter, puisque le sommet de la tour n'est plus alors abordable, mais il est bon de s'en rendre compte pour le cas des vents violents ordinaires, afin de savoir si les personnes qui seraient sur la plate-forme supérieure, pourraient s'en trouver incommodées.

Si l'on prend les classifications des vents indiqués dans l'ouvrage de Claudel, et si l'on calcule les flèches qui correspondent aux pressions indiquées, on reconnaît que ces flèches sont les suivantes :

TABLEAU des flèches sous différents vents.

DÉSIGNATION DES VENTS	VITESSE par seconde	PRESSION par mètre carré	FLÈCHES prises par la tour
	mètres	kil.	mètres
Très forte brise.	10.00	13.54	0.038
Brise faisant serrer les hautes voiles	12.00	19.50	0.055
Vent très fort	15.00	30.47	0.086
Vent impétueux..............	20.00	54.16	0.153
Tempête....................	24.00	78.00	0.221

Ces chiffres sont tout à fait rassurants, et comme les oscillations seront d'une extrême lenteur, en raison de la grande longueur de la partie fléchissante, il est certain que l'effet en sera tout à fait insensible, et qu'il sera beaucoup moindre que dans les phares en maçonnerie, où l'élasticité des mortiers est la cause la plus déterminante des flèches observées.

§ 4. — **Ascenseurs.**

Quant au système des ascenseurs à installer dans la tour et qui seront de dimensions inaccoutumées, nous nous sommes adressés à M. Heurtebise qui proposerait le moyen suivant, lequel nous paraît tout à fait acceptable et de nature à assurer d'une façon complète la sécurité.

Le système bien connu d'ascenseur hydraulique à compensateur de ce constructeur actionnerait deux tiges articulées régnant sur toute la hauteur de la tour et placées dans l'intérieur d'un des quatre montants dont elles suivraient la courbure.

Chacune de ces tiges recevrait de 30 mètres en 30 mètres (course des pistons hydrauliques) des cabines qui viendraient, grâce à un mouvement

alternatif donné aux tiges, se mettre l'une en face de l'autre à chaque fin de course; à ce moment se produirait un arrêt d'une durée d'une demi-minute environ, pendant lequel la cabine inférieure se remplirait; chaque cabine intermédiaire céderait ses voyageurs à la cabine d'en face, et la cabine supérieure laisserait ses voyageurs sur la plate-forme de la tour.

Un second ascenseur semblable servirait à la descente.

Ce système présenterait une sécurité absolue et permetrait l'ascension simultanée d'un grand nombre de personnes, avec des départs continus.

Pour ne pas donner aux cabines une vitesse trop grande dont le sentiment est très désagréable à la plupart des personnes, on ne dépasserait pas 50 centimètres par seconde; de sorte que l'ascension des 30 mètres formant en quelque sorte l'étage, se ferait en une minute; en comptant une demi-minute pour l'arrêt, on arrive à une minute et demie par chaque 30 mètres de hauteur, soit 15 minutes pour l'ascension complète.

Chaque cabine pouvant contenir 10 personnes, et les départs ayant lieu toutes les *minutes et demie*, on peut ainsi monter par heure 400 personnes.

La dépense totale de cet appareil peut s'élever à 200 000 francs, non compris les machines-motrices, et à 250 000 francs y compris celles-ci.

§ 5. — Application de la tour à l'éclairage électrique de l'Exposition.

La tour, au moins pendant l'Exposition, pourra porter à son sommet un foyer électrique destiné à éclairer l'Exposition, et à répandre dans le parc et les jardins une lumière générale d'un aspect agréable.

En prenant comme surface à éclairer un cercle de 1 000 mètres de diamètre, et en se posant la condition que l'éclairage soit tel que l'on puisse y voir suffisamment pour lire un imprimé, MM. Sautter et Lemonnier, les constructeurs bien connus de phares électriques, tout en trouvant que ce n'est pas le meilleur moyen d'utiliser la lumière, estiment que le foyer placé au sommet de la tour devrait être de 3 000 ampères. Ils se fondent, pour cette évaluation, sur l'expérience de l'éclairage des quais de Rouen, pour lesquels un foyer placé à 13 mètres de hauteur, d'une intensité de 24 ampères, éclairait convenablement un cercle de 130 mètres de diamètre.

Dans notre cas, la distance du foyer au centre de figure étant environ

10 fois plus grande qu'à Rouen, il faudrait un foyer 100 fois plus puissant; mais comme il faut tenir compte de l'absorption par l'atmosphère, la source lumineuse devra être de 125×24, soit 3 000 ampères, laquelle exigera, pour sa production, une force de 400 à 500 chevaux.

Or, un foyer de 90 ampères est, jusqu'à présent, le maximum pratique que l'on puisse obtenir avec une seule lampe.

Il faudrait, au maximum, 33 lampes; mais il est préférable d'en supposer 48 d'inégales intensités, qu'on disposerait autour de la lanterne supérieure, suivant trois étages et éclairant trois zones concentriques.

Avec des foyers à courants continus on n'a pas à se préoccuper outre mesure de rabattre la lumière vers le sol, puisque l'expérience a démontré que presque tous les rayons sont naturellement projetés de bas en haut dans un cône dont les génératrices sont inclinées d'environ 45 degrés avec la verticale; mais il faut concentrer la lumière de chaque lampe de manière à ce qu'elle produise son maximum d'intensité dans la fraction de zone qu'elle doit éclairer, et, à cet effet, le meilleur moyen à employer est de munir chaque foyer d'un appareil optique spécial orienté d'une façon différente pour chacun d'eux.

§ 6. — Prix de l'ouvrage.

Relativement au prix de notre tour, les métrés donnent un poids de métal de. . . . . 4 810 tonnes
réparti comme suit :

Montants, avec leurs entretoisements.	3 500	—
Galerie du 1er étage $= 70^m \times 15^m \times 4 = 4\,200^{m^2}$.		
Salle du 2e étage $= 30^m \times 30^m \quad = \quad 900^{m^2}$.		
$5\,110^{m^2}$.		
A 100 kilogrammes.	510	—
Salle supérieure et plate-forme de 100^{m^2}.	100	—
Amarrages	100	—
Quatre arcs doubles à la base.	600	—
Total.	4 810	tonnes

qui, à 50 centimes par kilogramme mis en place, donnent. 2 405 000 fr.

Le détail estimatif des fondations et des maçonneries du massif s'élève à. 400 000

Les divers travaux complémentaires de vitrerie, couvertures des salles, etc., sont estimés à. 100 000

Le total de la construction proprement dite est donc de. 2 905 000 fr. auquel il faudra ajouter le prix des ascenceurs, qui, d'après l'estimation faite par M. Heurtebise, s'élève à 250 000 francs, y compris les machines nécessaires.

Le total de la dépense est donc de 3 155 000 francs[1].

Tel serait le prix réel d'une pareille construction, dont les estimations publiées en dehors de nous ont été très exagérées.

Il est évident d'ailleurs qu'il n'y a pas lieu d'y faire entrer le prix du terrain, attendu que s'il s'agit d'établir cet édifice au Champ de Mars, sur l'Esplanade des Invalides, ou sur tout autre point de l'Exposition, il n'y aura pas à payer le terrain occupé.

Nous remarquerons, du reste, qu'il n'y a réellement que la surface occupée par les quatre massifs de soubassement, qui aliène d'une manière effective le terrain sur lequel l'édifice reposera. Dans tout le reste de la surface, on pourra établir soit des constructions, soit des squares à l'usage du public.

Je ne crois pas qu'après les détails que je viens de donner sur la constitution du projet, il puisse se présenter quelques doutes sur la facilité avec laquelle se feraient le montage et la mise en place.

Je retrouverais là l'occasion d'appliquer à nouveau, — en les appropriant aux circonstances et en profitant des amarrages inférieurs des montants, — les procédés de montage en porte à faux que j'ai souvent

1. Nous avons cherché ce que deviendrait la dépense dans le cas d'une réduction dans la hauteur et nous avons étudié deux autres tours, l'une de 250 mètres, l'autre de 200 mètres. Cette dernière resterait encore le plus haut monument connu.

Les mêmes éléments du devis, appliqués à ces deux projets, donneraient les prix suivants, qui comprennent les fondations et les ascenseurs :

Tour de 250 mètres de hauteur et 85 mètres de base....... 2 000 000 fr.
Tour de 200 mètres de hauteur et 70 mètres de base....... 1 400 000 fr.

Dans le cas où l'une de ces tours serait, après la durée de l'Exposition, transférée en un point plus élevé de Paris, les dépenses relatives à ce déplacement seraient de :

Pour la tour de 250 mètres.......... 500 000 fr.
Et pour celle de 200 mètres.......... 375 000 fr.

employés déjà, notamment aux ponts du Douro, de Garabit et de Cubzac, etc.

L'expérience de ces travaux me permet d'affirmer que ce montage n'exigerait pas plus d'une année.

§ 7. — Choix de la matière : fer ou acier ?

Avant d'aller plus loin et d'indiquer les services que pourrait rendre une pareille construction, il y a quelques mots à dire sur l'emploi de la matière que nous avons choisie.

L'emploi du fer ou de l'acier semble tout indiqué par la grande résistance du métal sous un faible poids, par le peu de surface qu'il permet d'exposer au vent, enfin par son élasticité qui solidarise toutes les pièces et permet d'en faire un ensemble dont toutes les parties sont susceptibles de travailler à l'extension ou à la compression et, qui étant toutes calculables, donnent une sécurité complète.

Quant à la préférence que nous avons, dans notre projet, donnée au fer sur l'acier, nous avons longtemps hésité ; cependant, comme dans le cas actuel il est peu important d'avoir une légèreté particulière, laquelle au point de vue de la résistance au vent est plutôt nuisible qu'utile, comme avec ces grandes dimensions la résistance au flambage est pour la plupart des pièces un élément prédominant, et enfin comme avec l'acier travaillant à un coefficient plus élevé que le fer on aurait des flèches et des vibrations plus grandes sous l'effet du vent, nous nous sommes décidés à donner la préférence au fer. Mais cependant ce n'est que l'étude détaillée et définitive qui, en tenant compte de la question de la dépense, et des cours comparatifs des deux métaux, fixera sur l'emploi soit du fer soit de l'acier, et nous réservons notre choix jusqu'à ce moment.

Enfin le métal présente un avantage particulier : c'est que la construction est *amovible* et qu'il permet, sans frais excessifs, le déplacement de la tour dans le cas où, pour une cause quelconque, on jugerait utile de la transporter en un point de Paris autre que l'Exposition. Nous évaluons la dépense de ce déplacement de 6 à 700 000 francs.

§ 8. — Emploi de la maçonnerie.

En dehors du métal, nous avons voulu nous rendre compte de ce que donnerait l'emploi des maçonneries, et nous avons étudié deux solutions, l'une dans laquelle on combinerait la maçonnerie avec le fer, l'autre qui comporterait un emploi exclusif de la maçonnerie. Nous dirons de suite que ces deux solutions nous ont paru, après examen, très inférieures à celle qui emploie le métal seul, sinon même tout à fait irréalisables.

En essayant de combiner l'emploi du fer avec la maçonnerie on rencontre tous les inconvénients d'une solution mixte dans laquelle entrent des éléments tout à fait hétérogènes comme élasticité, résistance ou dilatation, et sans insister davantage, il nous suffira de dire que nous nous sommes heurtés à des difficultés telles qu'elles ne nous ont pas permis d'arriver à un projet possible.

Par l'emploi de la maçonnerie seule, nous ne croyons pas non plus qu'on arrive à une possibilité d'exécution, à moins qu'on ne veuille mettre de côté toute question de prix.

Voici quelques développements très sommaires à ce sujet.

La première chose dont il y ait lieu de se préoccuper est le coefficient de résistance par centimètre carré à adopter.

En effet, ce ne sont pas les considérations du renversement par l'effet du vent qui doivent être prédominantes dans l'étude d'un grand ouvrage en maçonnerie, mais surtout celles qui sont relatives à la résistance même.

En outre il faut faire entrer dans cette recherche une considération capitale, sans laquelle on serait tout à fait en erreur, si on calculait la hauteur possible d'un édifice d'après la seule résistance de la pierre employée à sa construction, comme s'il était un monolithe, et si l'on supposait qu'avec du porphyre ou du granit on pourrait établir pratiquement une tour plus haute qu'avec une bonne pierre calcaire.

En effet, si l'on ne veut pas faire de simples conceptions mathématiques, et si l'on veut rester dans la réalité des faits, laquelle consiste dans l'édification d'un *grand ouvrage* dans lequel les matériaux travaillent à une *très forte charge*, il ne faut pas oublier que ces matériaux ne seront pas simplement superposés les uns aux autres par des surfaces plus ou moins bien dressées. Ils seront inévitablement séparés par des

lits de mortiers destinés à assurer la répartition convenable des pressions.

La stabilité de l'ouvrage exige donc que ce mortier ne s'écrase pas; aussi ce qu'il faut faire entrer en ligne de compte pour l'exécution d'une telle maçonnerie, c'est la limite de l'écrasement du mortier, bien plutôt que celle de la pierre, laquelle, considérée seule, conduirait à des apparences de possibilité d'exécution tout à fait trompeuses, et a fait croire comme limite *pratique* à des hauteurs tout à fait fantastiques.

La condition nécessaire est que les matériaux employés soient plus résistants que le mortier, leur excédent de résistance ne servant qu'à donner un excédent de sécurité qui échappe à l'évaluation.

Or, les ouvrages classiques indiquent pour les mortiers en ciment des résistances maxima de 150 à 200 kilogrammes par centimètre carré.

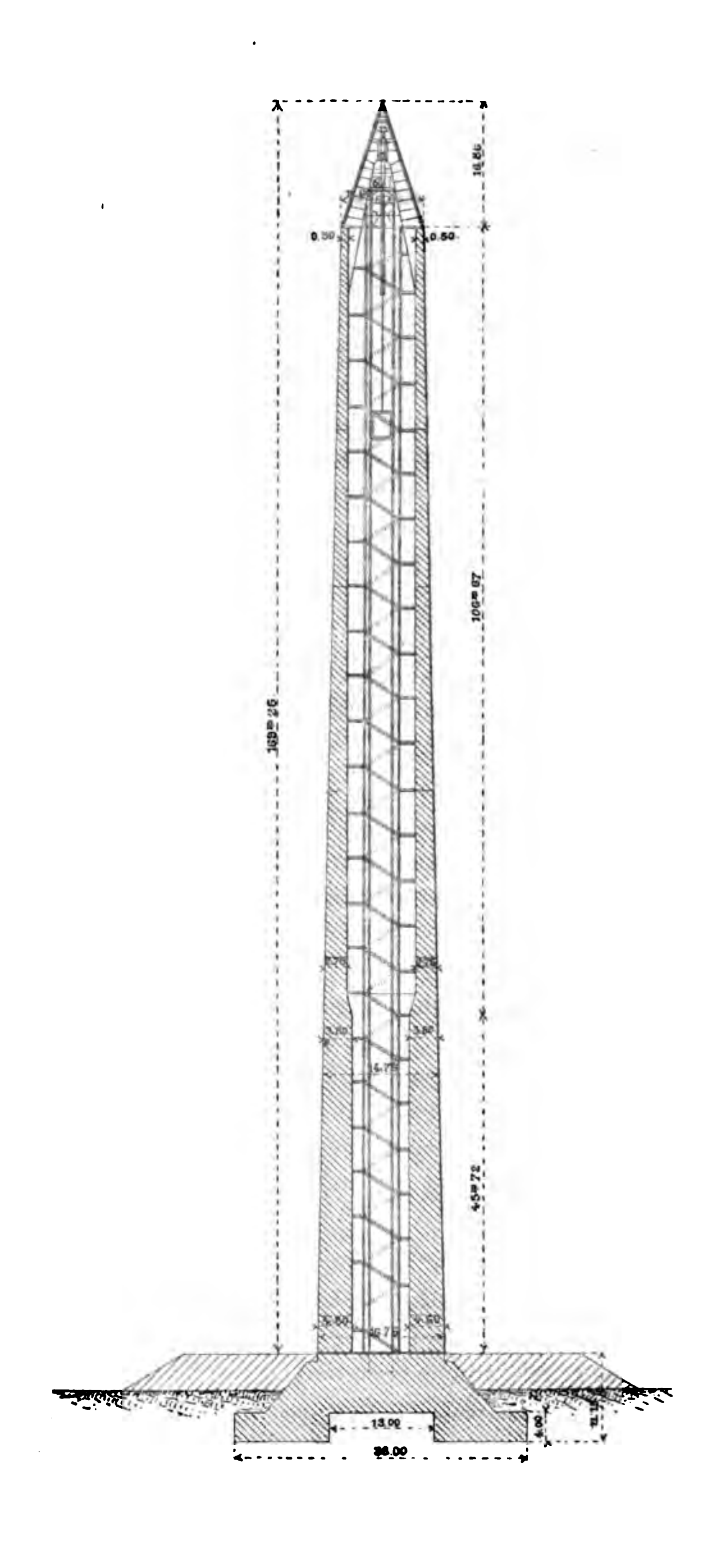
En adoptant comme limite pratique le $^1/_{10}$ de cette résistance, ainsi qu'il est admis habituellement, une maçonnerie en pierre de taille ne devrait pas supporter une charge de plus de 15 à 20 kilogrammes par centimètre carré. Tout à fait exceptionnellement, et en allant au delà de la limite de sécurité habituelle, en entrant en quelque sorte dans la zone dangereuse, on pourrait aller jusqu'à 25 kilogrammes. La limite de 30 kilogrammes est difficilement acceptable pour l'ensemble d'un grand ouvrage; en tout cas c'est une limite tout à fait extrême.

Navier cite les édifices dans lesquels la charge est la plus considérable; ce sont les suivants :

Piliers du dôme des Invalides, à Paris	14^{kgr},76
Id. de Saint-Pierre de Rome	16 ,36
Id. de Saint-Paul de Londres.	19 ,36
Colonnes Saint-Paul-hors-les-murs, à Rome	19 ,76
Piliers de la tour de l'Église Saint-Merri, à Paris	29 ,40
Id. du dôme du Panthéon, à Paris.	29 ,44

Il ajoute bien un chiffre de 45 kilogrammes pour l'Église de la Toussaint à Angers, mais cet exemple ne semble guère probant puisque cette église est en ruines.

Il résulte de ce tableau que la limite de la résistance des constructions jugées les plus hardies est, comme nous le disions, de 15 à 20 kilogrammes par centimètre carré, et s'élève dans deux d'entre eux à 30 kilogrammes.



§ 9. — **Monument de Washington.**

Mias il existe un exemple plus frappant dans une construction qui vient d'être inaugurée, et au sujet de laquelle il me sera permis de donner quelques détails intéressants en raison de leur actualité.

Je veux parler du grand obélisque en pierre connu sous le nom de Monument de Washington, et qui est en ce moment le plus haut monument du monde. (Voir la figure ci-contre.)

Cet ouvrage, construit entièrement en granit avec revêtement en marbre, a une hauteur de $169^m,25$. Il est carré du haut en bas ; sa base au niveau des fondations a $16^m,75$ de côté ; au-dessous du pyramidion qui le surmonte, il a $10^m,50$ de côté. Le pyramidion lui-même a $16^m,86$ de hauteur. Cet obélisque est évidé à l'intérieur par un espace rectangulaire tel que l'épaisseur des murs au sommet est de $0^m,50$ et à la base de $4^m,50$. Son fruit extérieur est de $3^m,15$ sur une hauteur de $152^m,40$, soit $0^m,0206$ par mètre. Le vide intérieur reçoit un ascenseur à vapeur, qui a servi à l'élévation des matériaux et sert maintenant à celle des visiteurs.

Le poids de la construction au-dessus des fondations est de 45 000 tonnes qui, réparties sur une base de 223 mètres carrés, donnent un coefficient à la compression de 20 kilogrammes par centimètre carré.

Si on se rend compte de l'effet d'un vent de 300 kilogrammes, le coefficient de travail dû à ce vent est de $6^{kgr},5$ par centimètre carré, ce qui donne un travail total de $26^{kgr},5$ par centimètre carré.

Telle est la limite que, même avec des matériaux de choix et une exécution particulièrement soignée, les ingénieurs américains, qui ne passent pas pour manquer de hardiesse, n'out pas osé dépasser, et ils ont eu pour cela de bonnes raisons.

Nous nous permettrons d'ouvrir une parenthèse au sujet de ce monument, et de dire que son exemple n'est pas encourageant pour la construction d'une tour en pierre.

En effet, le premier projet dont l'exécution avait été commencée en 1848, comportait une pyramide de 600 pieds, soit 183 mètres de hauteur, entourée d'un Panthéon avec une colonnade formant péristyle ; mais, quand en 1854 la pyramide fut arrivée à la hauteur de 46 mètres, on s'aperçut qu'elle s'inclinait d'une façon tellement inquiétante qu'on suspendit les travaux. Ils ne furent repris qu'en 1877 ; on réduisit de

100 pieds la hauteur que l'on avait assignée d'abord au monument, et on la fixa définitivement à 160 mètres, puis on reprit toute la fondation en sous-œuvre. On élargit considérablement la base en établissant au pourtour de nouveaux massifs de béton, descendus plus profondément de manière à donner un empattement total de 38 mètres, qui portait la surface des fondations de 600 mètres carrés à 1 500 mètres carrés. La pression maxima sur le lit inférieur de la fondation atteint 6 kilogrammes; néanmoins il continua à se produire quelques tassements plus ou moins égaux sur chacune des faces, et qui, depuis l'origine, sont d'environ 10 centimètres.

C'est seulement en 1880, qu'après de grandes difficultés vaincues, on reprit les travaux de la partie supérieure. Ils marchèrent depuis très régulièrement à raison de 30 mètres environ d'élévation par année, et l'ouvrage fut inauguré le 21 février dernier.

La dépense totale est, à ce jour, de 6 225 000 francs, et on estime que les travaux complémentaires exigeront encore une dépense de 870 000 francs, soit un total de 7 095 000 francs. Quant au Panthéon qui devait décorer l'édifice, il a été tout à fait ajourné, en raison de la dépense considérable qu'il devait entraîner.

Voilà un exemple de prix à retenir, en n'oubliant pas que cet édifice est d'une simplicité vraiment excessive, et qu'il se réduit à la construction d'une sorte de grande cheminée qui n'a, somme toute, que 170 mètres de hauteur.

Que deviendrait ce prix pour une pyramide de 300 mètres?

Nous avons essayé de nous en rendre compte et, en établissant une pile d'égale résistance pour un coefficient de 30 kilogrammes, nous sommes arrivé à un cube qui n'est pas moindre de 70 000 mètres, non compris les fondations. Si l'on compte seulement le mètre cube à 200 francs, on arrive à une dépense de 14 millions. — Quant à la fondation, son diamètre supérieur serait d'environ 30 mètres, son diamètre inférieur 70, et sa hauteur 20 mètres environ, ce qui donne un cube de 38 000 mètres, — qui, à 50 francs le mètre cube, donne une dépense de 2 millions, — soit en tout 16 millions environ.

Si on voulait orner cette pyramide par un Panthéon et par des décorations spéciales, ce chiffre devrait encore être augmenté dans une très grande proportion, et nous renonçons à en établir un prix même approximatif.

En résumé, la difficulté des fondations, les conséquences dangereuses

qui pourraient résulter, soit des tassements inégaux du sol (tassements qui, dans le cas d'une tour en fer, n'ont aucun inconvénient sérieux), soit des tassements inégaux des mortiers et de leur prise insuffisante au sein de ces gros massifs, les difficultés et les lenteurs de construction qu'entraînerait la mise en œuvre du cube énorme de maçonneries nécessaires, ainsi que le prix considérable de l'ouvrage, — toutes ces considérations nous ont donné la conviction qu'une tour en maçonnerie, très difficile à projeter théoriquement, présenterait en pratique des dangers et des inconvénients considérables, dont le moindre est celui d'une dépense tout à fait disproportionnée avec le but à atteindre.

§ 10. — **Conclusion en faveur du métal.**

Le fer ou l'acier nous semble donc la seule matière capable de mener à la solution du problème. Du reste, l'antiquité, le moyen âge et la renaissance ont poussé l'emploi de la pierre à ses extrêmes limites de hardiesse, et il ne semble guère possible d'aller beaucoup plus loin que nos devanciers avec les mêmes matériaux, — d'autant plus que l'art de la construction n'a pas fait de bien notables progrès dans ce sens depuis bien longtemps déjà.

L'édifice — tel que nous le projetons avec sa hauteur inusitée — exige donc rationnellement une matière sinon nouvelle, mais au moins que l'industrie n'avait pas mise à la portée des ingénieurs et des architectes qui nous ont précédés. Cette matière, c'est le fer ou l'acier, par l'emploi desquels les plus difficiles problèmes de construction se résolvent si simplement, avec lesquels nous construisons couramment soit des charpentes, soit des ponts d'une portée qui aurait paru autrefois tout à fait irréalisable.

Reste la forme de l'édifice.

Celle que nous soumettons pour notre tour pourrait peut-être recevoir certaines modifications avantageuses que l'étude indiquerait ; mais, dès à présent, il nous paraît qu'elle présente une saisissante expression de force et de grandeur, en même temps que d'appropriation au but poursuivi.

Les montants, avant de se réunir à ce sommet si élevé, semblent jaillir du sol, et s'être en quelque sorte moulés sous l'action même du vent.

Évidemment toute forme est discutable, celle-ci comme toute autre,

mais cependant nous sommes heureux de pouvoir affirmer que nous avons eu le suffrage d'artistes et d'architectes éminents.

§ 11. — Utilité de la tour métallique de 300 mètres de hauteur.

L'une des plus fréquentes objections qui ont été faites dans le public, à la construction de cette tour, était son manque d'utilité.

Nous sommes maintenant tout à fait assuré, et nous en donnerons les preuves tout à l'heure, que cette utilité est réelle, et pour cela nous allons examiner successivement quelques-unes de ses applications.

Tout d'abord, il n'y a pas de doute, après le succès des précédentes ascensions dans les ballons captifs Giffard et celui des ascenseurs du Trocadéro, que le public ait grand plaisir à visiter les différents étages de notre tour, qui lui présentera sans aucun danger et sans fatigue, un spectacle tout à fait extraordinaire : celui d'un panorama de 120 à 130 kilomètres d'étendue, observé à vol d'oiseau et comme en ballon sans que les premiers plans viennent, comme dans les ascensions de montagnes, nuire au sentiment de la distance et de la hauteur. La vue de Paris, la nuit, avec son éclairage si brillant, présenterait un aspect merveilleux que les aéronautes seuls connaissent jusqu'à présent.

Il n'est donc pas douteux que cette tour ne soit un des grands éléments d'attraction pour l'Exposition, et que, celle-ci terminée, le public continue à y affluer, soit pendant le jour, soit pendant la soirée.

Mais, en dehors de ce but, d'un caractère tout particulier, la science y trouverait un vaste champ d'observations.

§ 12. — Opinion de M. Hervé-Mangon.

En ce qui concerne la météorologie, nous ne pouvons faire mieux que de faire connaître quelques extraits d'une communication faite le 3 mars, à la Société météorologique de France, par M. Hervé Mangon.

Je cite textuellemont ces extraits :

« L'attention de la Société météorologique de France a été souvent appelée sur l'utilité de la construction d'une tour métallique à claire-

voie d'une grande hauteur, destinée à recevoir certains instruments scientifiques et à organiser des expériences et des observations à diverses distances de la surface du sol.

« Il existe, dans plusieurs observatoires, des tours en maçonnerie, mais *elles présentent, pour l'installation des instruments météorologiques, plus d'inconvénients que d'avantages.*

« Au soleil, la masse de la construction s'échauffe, les surfaces murales produisent des remous qui rendent difficiles les observations sur la pluie, la brume, la neige et la rosée, faites dans un rayon même étendu; toutes les indications hygrométriques ou thermométriques deviennent inexactes ou illusoires.

« Le projet de la tour en fer de 300 mètres de hauteur, dressé par M. Eiffel et par MM. Nouguier et Koechlin, ingénieurs, et M. Sauvestre, architecte, présente donc pour les météorologistes un intérêt des plus considérables.

« Elle permettrait d'organiser un grand nombre d'observations et d'expériences météorologiques du plus haut intérêt, parmi lesquelles nous citerons au hasard les suivantes :

« La loi de décroissance de la température avec la hauteur serait facilement observée, et les variations dues aux vents, aux nuages, etc., fourniraient certainement de nombreux renseignements, qui nous font jusqu'à présent complètement défaut.

« La quantité de pluie qui tombe à différentes hauteurs sur une même verticale a été très diversement estimée. Cette question si intéressante pour la théorie de la formation de la pluie serait résolue par quelques années d'observations faites au moyen d'une quinzaine de pluviomètres régulièrement espacés sur la hauteur de la tour.

« La brume, le brouillard, la rosée forment souvent à la surface du sol des couches de moins de 300 mètres de hauteur; on pourrait donc observer ces météores sur toute leur épaisseur, faire des prises d'air à diverses hauteurs, mesurer le volume d'eau à l'état globulaire tenu en suspension dans chaque couche. Ce volume liquide est beaucoup plus considérable que celui qui répond à la vapeur d'eau, et sa connaissance expliquerait comment des nuages d'un faible volume versent quelquefois sur le sol des quantités d'eau si considérables.

« L'état hygrométrique de l'air varie avec la hauteur. Rien ne serait plus facile que d'étudier ces changements, si l'on pouvait observer au même instant des instruments placés à d'assez grandes distances les uns

au-dessus des autres. L'évaporation donnerait également lieu à de très utiles expériences.

« L'électricité atmosphérique, sur laquelle on ne possède encore que des notions si imparfaites, devrait faire à l'observatoire de la tour l'objet des recherches les plus actives. La différence de tension électrique entre deux points situés à 300 mètres de distance verticale est probablement très considérable et donnerait lieu à des phénomènes du plus grand intérêt.

« La vitesse du vent croît en général avec rapidité en s'écartant de la surface du sol ; la tour permettrait de déterminer la loi d'augmentation de cette vitesse jusqu'à 300 mètres et probablement un peu plus haut. Cette détermination, indépendamment de son intérêt théorique, fournirait à l'aérostation d'utiles renseignements.

« La transparence de l'air pourrait être observée, avec la tour, dans des conditions exceptionnellement favorables, soit suivant la verticale, soit suivant des lignes d'une inclinaison donnée.

« Indépendamment des observations météorologiques que je viens de citer et dont je dois exclusivement m'occuper ici, la tour de 300 mètres permettrait encore de réaliser un grand nombre d'expériences impossibles à tenter aujourd'hui. Elle permettrait, par exemple, d'établir des manomètres allant jusqu'à 400 atmosphères, pouvant servir à graduer expérimentalement les manomètres des presses hydrauliques, et d'établir des pendules dont chaque oscillation durerait plus d'un quart de minute, etc., etc.

« Sans développer davantage, faute de temps, le programme des études que permettrait d'entreprendre une tour de 300 mètres de hauteur, je suis persuadé que la Société s'associera aux vœux que je forme pour la mise à exécution du magnifique édifice projeté par M. Eiffel pour l'Exposition de 1889, *et dont l'utilité, comme instrument de recherches scientifiques, ne saurait être mise en doute.* »

§ 13. — **Opinion de M. l'amiral Mouchez.**

M. l'amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire, nous a écrit une lettre dont nous extrayons ce qui suit :

« Je m'empresse de vous faire savoir que j'ai vu avec le plus grand intérêt votre projet de tour de 300 mètres.

« J'en désire bien vivement la réalisation parce que je crois, qu'outre l'intérêt général que présentera un tel monument, il sera d'une très grande utilité pour diverses questions scientifiques et particulièrement pour l'étude des couches inférieures de l'atmosphère, qui ont une certaine influence sur la précision des observations astronomiques ; une hauteur de 300 mètres permettra d'observer régulièrement ces fréquentes inversions de la loi de décroissance de la température avec la hauteur, et dans de meilleures conditions que sur une montagne.

« On pourra également étudier les variations de l'humidité et de l'électricité atmosphériques, les variations du vent en force et en direction.

« Quatre collections d'instruments enregistreurs semblables placés au ras du sol, à 100, 200, et 300 mètres, donneraient certainement, par leur comparaison, des résultats d'un grand intérêt. Quant aux observations astronomiques, je ne crois pas qu'il y ait une égale utilité à en tirer.

« Il est cependant certain qu'au milieu de la ville de Paris, on aurait une atmosphère beaucoup plus pure à cette hauteur que dans nos salles d'observations ; on y laisserait au-dessous de soi la plus grande partie des fumées et des poussières de la ville.

« Au point de vue des observations météorologiques et de l'étude de l'atmosphère dont je parlais, la tour *en maçonnerie enlèverait une très grande partie de l'exactitude et de l'intérêt des observations que donnerait la tour en fer;* avec celle-ci les instruments sont *entièrement isolés dans l'atmosphère ;* avec la tour en maçonnerie, ils s'échauffent et se refroidissent avec elle, sont alternativement à l'ombre et au soleil, etc., les conditions sont toute différentes.

« La tour en fer aurait une très grande et incontestable supériorité pour les observations météorologiques.

« Vous ne m'avez pas dit le prix approximatif de cette tour ; quel qu'il soit, *je fais les vœux les plus vifs pour que votre projet se réalise.*

§ 14. — Opinion de M. Pierre Puiseux.

Au point de vue plus spécialement astronomique, M. Pierre Puiseux, astronome attaché à l'Observatoire de Paris, a bien voulu nous donner les indications suivantes :

« Il est hors de doute que la tour projetée pourra recevoir des applications utiles aux études astronomiques. La mobilité de la plate-forme sous l'influeuce du vent exclut sans doute les observations qui ont pour but de fixer la position précise des astres, mais elle laisse le champ libre à la plupart des recherches d'astronomie physique. Des spectroscopes destinés à analyser la lumière du soleil et des étoiles, à constater les mouvements propres des astres par le déplacement des raies, fonctionneraient mieux à 300 mètres de hauteur qu'au niveau du sol. L'élimination des poussières et des brumes locales permettrait de suivre le soleil plus près de l'horizon. De là un sérieux avantage pour l'étude des raies telluriques dues à l'absorption de la lumière solaire par l'atmosphère.

« Un appareil à photographie lunaire ou solaire serait aussi d'un bon usage ; son emploi serait surtout indiqué dans le cas de passages de Mercure ou d'éclipses s'effectuant près de l'horizon. Les photographies d'étoiles ou de nébuleuses exigeant une pose appréciable seraient plus exposées à être contrariées par le vent et devraient être réservées pour les nuits calmes. Il faut faire attention cependant qu'une translation latérale de l'instrument n'a pas d'influence nuisible; l'essentiel est que l'axe optique reste parallèle à lui-même. Il semble difficile de décider, avant l'expérience, si les mouvements causés par le vent seront bien de cette nature. En tout cas, les aspects physiques de la lune, des planètes, des nébuleuses, pourront être étudiés et dessinés dans des conditions favorables.

« Un chercheur ou un télescope de grande ouverture, installé au sommet de la tour, permettra de suivre les astres qui n'atteindraient qu'une faible hauteur sur l'horizon de Paris. Ces observations ne sauraient rivaliser d'exactitude avec celles des observatoires fixes, mais elles pourraient être effectuées dans des cas où celles-ci deviennent impossibles. Or, on sait que pour les astres nouvellement découverts, il est important d'obtenir le plus tôt possible des mesures mêmes approchées.

« Une étude également intéressante pour la météorologie et l'astronomie, sera celle de la variation de la température avec l'altitude. Toutes les théories de la réfraction données jusqu'à présent reposent sur des hypothèses gratuites et souvent démenties par l'expérience. »

§ 15. — Opinion de M. le colonel Perrier.

Enfin, M. le colonel Perrier, que nous avions consulté au point de vue des applications à la télégraphie optique, nous a confirmé qu'une pareille tour rendrait de grands services et permettrait des communications qui n'existent pas encore, mais sur lesquelles il a demandé à rester dans une réserve, qui se comprend, quant à l'indication des localités.

Il a bien voulu également nous résumer brièvement les questions que la construction de la tour en fer pourrait aider à éclairer :

« *Astronomie :* Loi des réfractions, spectroscopie, raies telluriques.

« *Chimie végétale :* La végétation à 300 mètres, composition de l'air, acide carbonique.

« *Météorologie :* Vents, température, hygrométrie, état électrique, foudre, courants supérieurs.

« *Physique :* Déviation d'un corps qui tombe. Électricité atmosphérique.

Expérience de Foucault pour démontrer la rotation de la terre.

« *Guerre :* Télégraphie optique.

« Le champ des expériences qu'on pourra faire est fort étendu, et s'étendra tous les jours davantage avec les progrès de la science.

« Je crois que vous ferez une œuvre utile en construisant cette tour gigantesque. »

En m'appuyant sur l'autorité des hommes très considérables que je viens de citer, je crois donc pouvoir affirmer que l'utilité scientifique de la tour projetée est démontrée, et que nous aurons avec nous tout le monde savant pour appuyer notre projet.

§ 16. — Résumé et conclusion.

En résumé :

1° La possibilité de l'exécution du projet que j'ai l'honneur de présenter ne peut pas faire l'objet d'un doute sérieux ; la nature de la matière que nous avons choisie, le degré de certitude avec lequel nous pouvons y adapter les résultats de nos calculs, degré bien plus grand que celui comporté par l'emploi de la maçonnerie, l'expérience acquise

par les ingénieurs actuels dans la construction des grands travaux métalliques, tout nous assure que nous pouvons, sans crainte, donner cette affirmation et qu'il n'y a aucun alea à redouter.

2° Le prix de cet ouvrage, que j'ai estimé à 3 150 000 francs, est basé sur des études de détail déjà très avancées, et a été suffisamment examiné pour n'être pas susceptible de grandes variations si on passe à la période d'exécution.

3° L'utilisation de cette tour sera considérable au point de vue scientifique, et très importante au point de vue militaire.

4° Non seulement elle serait une des grandes attractions de l'Exposition, mais après celle-ci, elle resterait comme un des monuments les plus intéressants de Paris, et certainement l'un des plus visités.

Enfin, qu'il me soit permis d'ajouter que cette si haute tour, qui dépasse de beaucoup tout ce que l'on a fait jusqu'à présent, peut sembler digne de personnifier, non seulement l'art de l'Ingénieur moderne, mais aussi le siècle d'Industrie et de Science dans lequel nous vivons, et dont les voies ont été préparées par le grand mouvement scientifique de la fin du dix-huitième siècle et par la Révolution de 1789, à laquelle ce monument serait élevé comme un témoignage de la reconnaissance de la France.

MÉMOIRE

SUR LA

DISTRIBUTION DE LA FORCE MOTRICE A DOMICILE

AU MOYEN DE

L'AIR RARÉFIÉ

PAR **M. L. BOUDENOOT**
Ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique.

Considérations préliminaires. — Il y a deux ans, dans son discours d'installation, notre ancien président, M. Marché, invitait les jeunes ingénieurs, membres de notre Société, à étudier les divers moyens usités pour transporter à distance la force motrice, et à venir vous présenter un travail comparatif d'ensemble sur les résultats de tous ces systèmes.

Je venais justement alors d'entrer, comme ingénieur, dans une société industrielle qui avait pour but la distribution de la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié, et je me promis de communiquer tôt ou tard, à la Société des Ingénieurs civils, les études et les expériences auxquelles j'allais prendre part.

Je défère donc aujourd'hui, bien qu'un peu tard, au vœu de notre ancien président. Mais je n'aurais pu, en appelant plus tôt l'attention sur cette entreprise nouvelle, que donner des à peu près, indiquer des prévisions plus ou moins sûres; et j'ai préféré attendre que le procédé de distribution de force motrice à domicile, dont je veux parler, fût mis en exploitation et fût entré dans la pratique.

La question, d'ailleurs, de la distribution de la force motrice n'est pas moins actuelle aujourd'hui qu'il y a deux ans. Il y a déjà longtemps qu'elle préoccupe les ingénieurs et que divers procédés ont été mis en usage pour transmettre à distance et pour distribuer la force. Elle est mûre, à cette heure, on peut le dire. L'utilité, l'opportunité, la nécessité même de fournir de la force, à bon marché et commodément, aux nombreux agents de la petite industrie répandus dans les

quartiers populeux des grandes villes, sont plus manifestes que jamais, et des efforts sont tentés de toutes parts pour donner à ce problème une solution satisfaisante. Tous les mois, tous les jours presque, l'on voit annoncer, soit dans la presse scientifique et périodique, soit dans les journaux quotidiens, que dans telle ville on va procéder à une distribution de force par l'air comprimé, dans telle autre, par l'électricité, dans une troisième, par la vapeur ou par l'eau sous pression, etc. Je viens décrire aujourd'hui une installation qui est faite, une usine de distribution de force motrice à domicile qui fonctionne, et qui fonctionne à la satisfaction pleine et entière de ses abonnés, en plein centre de Paris, à deux pas du boulevard Sébastopol, dans le quartier Saint-Avoye, qui est le quartier de la capitale où les travailleurs en chambre sont les plus nombreux.

J'ai prononcé tout à l'heure les mots d' « entreprise nouvelle. » Ils ont besoin d'explication. Ce n'est pas à proprement parler l'entreprise qui est nouvelle, et j'ai déjà dit qu'il y a eu depuis longtemps des entreprises analogues. Mais c'est le système de distribution qui est nouveau, en ce sens que, jusqu'ici, les transmissions de force, dont l'air était l'agent, se faisaient en employant l'air comprimé et non l'air raréfié, qui est le mode adopté dans l'usine de la rue Beaubourg. Cependant les freins à vide sont déjà une application du système de l'air raréfié à la transmission ou du moins à la production de la force.

Pourquoi ce système a-t-il été été adopté par la Société de Distribution de Force motrice à domicile de la rue Beaubourg? C'est ce que je vais exposer, en examinant rapidement les divers procédés de transmission de force. Je n'ai pas la prétention de faire le procès à ces divers systèmes, ni d'en présenter une critique détaillée. Mais, ayant à m'occuper d'un projet de distribution de force motrice à domicile, il était tout naturel que je me misse à étudier les procédés employés en dehors de celui qu'on venait me proposer, à comparer leurs avantages et leurs inconvénients, et à rechercher lequel pourrait, le plus commodément et le plus simplement, en l'état actuel des choses, résoudre le problème d'une transmission de la force, de sa division en petites fractions et de sa distribution à des ouvriers en chambre dans leur logement même. C'est le simple résumé de l'étude faite alors que je vais décrire, dans la partie de cette communication qui est consacrée à l'examen rapide des divers systèmes de transmission de force.

Historique. — En racontant comment j'ai été amené à faire cette comparaison et à prendre part à l'entreprise industrielle dont je veux parler, je retracerai l'historique du nouveau système de distribution de force motrice à domicile, et je signalerai l'ingénieur-mécanicien, aussi modeste qu'habile et expérimenté, qui en est l'inventeur ou, du moins, le promoteur. — Car, si l'on ne peut revendiquer comme une invention de faire le vide dans un récipient ou une canalisation, utiliser ce vide pour transmettre la force, et la distribuer comme l'eau et le gaz, est une véritable application industrielle, dont l'idée remonte assez loin déjà dans l'histoire des sciences, mais dont la pratique est, je crois, toute nouvelle. Si l'on ajoute que, pour utiliser dans de bonnes conditions ce mode de transmission pneumatique, il a fallu créer de toutes pièces des moteurs nouveaux, des organes spéciaux de canalisation ; et si l'on songe que, depuis le jour où l'idée est éclose jusqu'au jour où elle a été réalisée, il a fallu déployer une infatigable persévérance pendant huit années de travaux préparatoires, d'expériences et d'essais préliminaires, persévérance que n'ont rebutée ni les difficultés techniques, ni les difficultés d'un autre ordre dont je m'abstiendrai de parler ici, on reconnaîtra qu'il est convenable et juste, à l'égard de modestes et vaillants travailleurs, de revendiquer pour leur entreprise l'honneur qui lui est dû.

C'est M. Arthur-Louis Petit qui, en 1874, mit pour la première fois en avant son projet de distribuer la force motrice à domicile au moyen de l'air raréfié. En même temps, il communiquait à son entourage ses idées relatives aux moteurs à air qu'il faudrait employer comme machines réceptrices, si l'on adoptait ce procédé de transmission ; les moteurs à air, jusqu'alors usités, étant construits pour marcher au moyen de l'air comprimé, n'étaient pas susceptibles, en effet, de fonctionner d'une manière satisfaisante au moyen de l'air raréfié.

M. Petit réussit à faire entrer quelques amis dans ses vues, et comme ses ressources personnelles n'étaient pas suffisantes pour subvenir aux frais d'études et de travaux toujours coûteux, il fonda une petite association dont les fonds furent destinés à faire face aux dépenses, que nécessiterait la recherche des procédés pratiques devant amener la réalisation de ses projets.

Cette recherche devait naturellement être longue, étant donnés les faibles moyens que M. Petit avait en son pouvoir. Obligé lui-même

de trouver d'abord le nécessaire dans un métier tout à fait étranger à l'art de l'ingénieur, il ne pouvait disposer chaque jour que de peu de moments pour les consacrer à l'étude de son projet, aux dessins, puis à l'exécution de quelques modèles de moteurs.

Aussi ne doit-on pas s'étonner s'il fallut plusieurs années d'un travail patient et d'un labeur acharné avant d'arriver à un premier résultat encore bien faible, qui consista dans la construction de cinq ou six petites machines à air raréfié qu'on réunit dans l'appartement d'un des associés. On les plaça sur le parcours d'un petit tuyau en plomb dont l'une des extrémités aboutissait à un réservoir d'air d'une vingtaine de litres ; et dans ce réservoir on fit le vide au moyen d'une pompe mue à la main. Les petites machines se mirent à marcher à la grande satisfaction des associés et des personnes qu'ils avaient invitées à assister à cette expérience de famille, si l'on veut bien me permettre cette expression qui rend le mieux ma pensée. Parmi les assistants se trouvaient deux ingénieurs-mécaniciens, MM. Tatin et Bonnet, qui, encouragés par le résultat obtenu, si mince qu'il fût encore, offrirent leur concours à M. Petit, à l'effet d'entreprendre une expérience, plus en grand, et dans des conditions qui se rapprochassent des conditions d'une exploitation pratique.

M. Petit ayant alors obtenu la délivrance d'un brevet d'invention pour le procédé et les appareils de distribution qu'il préconisait, une société civile fut fondée, qui eut pour objet :

1° La continuation des études déjà faites pour démontrer le mérite du nouveau système de distribution de force motrice.

2° La constitution ultérieure d'une autre société chargée de réunir les capitaux et moyens nécessaires à l'effet d'arriver à l'application et à l'exploitation générale de ce système en France et à l'étranger.

Premiers essais. — Pour atteindre le but qu'on se proposait, la première chose à faire était une expérience pratique réunissant, autant que possible, les conditions de l'exploitation industrielle.

A cet effet, une commission technique fut choisie parmi les membres de la société civile et composée de MM. Petit, Tatin et Bonnet. Cette commission procéda à une installation provisoire qui fut établie, à la fin de l'année 1881, au boulevard Voltaire. Cette installation consistait en une machine aspirante qui n'était autre qu'une petite pompe à air de 5 litres de capacité; en une salle d'expériences et de démons-

tration dans laquelle fonctionnaient deux ou trois petits moteurs à air; en une canalisation de 600 mètres de longueur environ, placée dans les égouts d'une partie du boulevard Voltaire et de l'avenue Parmentier; enfin, en une série de machines réceptrices disposées chez des particuliers habitant la rue du Chemin-Vert, dans laquelle venait aboutir la canalisation.

Au bout de quelques mois, la commission technique put rédiger un mémoire relatant les résultats de ses travaux et posant les conclusions des expériences auxquelles elle s'était livrée.

L'on citait dans ce mémoire une ancienne Revue, d'il y a deux siècles, dans laquelle est émise l'idée d'une transmission de force par l'air raréfié, ce qui confirme ce que je disais tout à l'heure. C'est à l'immortel Papin, qui appliqua son esprit scientifique et son génie inventif à l'étude de tant de sujets divers, qu'est due la première idée du système de transmission pneumatique de la force. Il en fit la description dans les Actes des Savants, de Leipzig, en 1688. (*Acta eruditorum*, *Lipsiæ*, 1688.)

Quelques années plus tard, en 1694, dans un ouvrage intitulé : *Recueil de diverses pièces*, et publié à Cassel, Papin revenait sur la question et recommandait de nouveau la pratique de ce système de transmission, dont il faisait ressortir les avantages, quant à la simplicité et à la commodité. Il indiquait, pour divers cas, des diamètres différents du tube de transmission, dans lequel serait entretenu le vide partiel; l'emploi du plomb mince pour la confection de ce tube ; et il faisait remarquer qu'il ne contiendrait jamais d'eau.

Le mémoire contenait ensuite la description de l'installation du boulevard Voltaire, l'exposé des expériences techniques et des essais de rendement, faits sur certains moteurs à air, quelques remarques sur le passage du fluide à travers la canalisation, et un aperçu idéal de ce que rapporterait une usine de plusieurs milliers de chevaux-vapeur distribuant la force sur le parcours d'un réseau long d'environ 20 kilomètres.

Nous verrons plus loin comment l'établissement d'un pareil centre de distribution serait peu praticable, et qu'en restant dans cet ordre d'idées on ne pouvait que piétiner sur place et n'aboutir à aucun résultat.

C'est alors que M. Petit vint me soumettre son système, me charger d'en étudier les détails techniques, et me demander de m'associer

à l'exécution de ses projets, s'ils me paraissaient pratiques, utiles et avantageux.

J'étudiai tout d'abord le système au point de vue abstrait, afin d'en connaître exactement les principes et de pouvoir plus sûrement en déterminer les conditions concrètes. Car c'est la destination spéciale des *ingénieurs*, que leur a assignée Auguste Comte, au commencement de ce siècle, qui devait être avant tout, grâce à eux, suivant l'expression de notre honorable Président, le siècle de l'industrie. Elle consiste, pour nous qui sommes placés entre les savants proprement dits et les directeurs effectifs des travaux productifs, à organiser les relations de la pratique et de la théorie ; et c'est pourquoi vous avez justement applaudi M. de Comberousse quand il vous a rappelé, il y a deux mois, avec la vive et chaude éloquence qui lui est propre, que l'alliance intime de la théorie et de la pratique est, mieux et davantage qu'en nulle autre, véritablement représentée dans notre libre et noble profession.

J'allai ensuite visiter l'installation du boulevard Voltaire, je parcourus quelques quartiers de Paris où demeurent des ouvriers en chambre, et je me rendis compte *de visu* du grand nombre d'adhérents assurés d'avance à toute entreprise industrielle qui offrirait à chaque travailleur, dans son logement même, un moteur économique, facile à installer, commode et nullement dangereux à manier.

Je fus étonné de voir que, malgré les nombreux systèmes de distribution de force dont j'avais si souvent entendu parler, il existait encore, à Paris, un très grand nombre de moteurs-outils (la majeure partie, de beaucoup) placés dans les logements-ateliers et qu'actionnent des moyens défectueux et souvent funestes à la santé des travailleurs, tels que la pédale et la roue mue à la main.

D'autre part, un certain nombre d'ouvriers se résignent à se rendre, souvent assez loin de chez eux, dans des ateliers publics où on loue de la force.

Cette situation est celle des travailleurs qui emploient les outils suivants : tours à polir les métaux, tours à bois, tours à guillocher et repousser, laminoirs, perceuses, raboteuses, fraiseuses, machines à couper et tailler, à glacer, à rogner, à hacher les viandes, à visser, à broyer, à dévider, à lapider, à biseauter, à graver, imprimer, tisser, tresser ; machines à coudre, broder, plisser, etc., scies à bois et à métaux, scies sans fin et à repasser, brûloirs, ventilateurs, meules diverses, etc.

Aperçu commercial. — Je trouvai le nombre de ces industries assez considérable, pour que la distribution de la force motrice en chambre me parût constituer une entreprise aussi avantageuse et rémunératrice que nécessaire et utile.

Or, c'est là un point dont tout ingénieur civil doit aussi se préoccuper. Car, ainsi que l'a énoncé, avec sa haute autorité, l'ancien Président de la Société dont je rappelais tout à l'heure le discours d'installation, le caractère distinctif de l'industrie privée, c'est qu'elle comprend et applique le principe de la rémunération : et quand elle engage une opération quelconque, elle doit assurer une recette, un produit destiné à couvrir ses dépenses d'exploitation, l'intérêt et l'amortissement des capitaux qui lui sont confiés ; et, s'il est possible, un excédent constituant un bénéfice ; il faut satisfaire, en un mot, à l'équation de l'industrie privée.

Ce point me paraissant assuré, la conviction étant acquise de répondre à un besoin urgent, et la possibilité de se créer une clientèle nombreuse et rémunératrice une fois démontrée, j'acceptai volontiers de prêter mon concours d'ingénieur dans les études à faire pour l'établissement d'une usine de distribution de force motrice à domicile, et j'examinai tout d'abord les avantages et les inconvénients des différents systèmes proposés pour transmettre et pour distribuer la force.

En effet (et il n'est pas inutile d'insister sur ce point), il ne s'agit pas seulement de transmettre la force ; il faut encore la distribuer, et pour cela la diviser en fractions relativement petites, descendant jusqu'à 5, 4 et 3 kilogrammètres.

Examen des divers systèmes de transmission de force.

Les divers agents de transmission de force motrice, qui ont été mis en avant jusqu'à ce jour, se réduisent, à notre connaissance, à six ou sept, savoir :

les câbles télédynamiques,
la vapeur,
l'eau sous pression,
l'électricité,
le gaz,
l'air comprimé,
l'air raréfié.

Câbles télédynamiques. — Pour les câbles télédynamiques, on ne pourrait songer à les utiliser pour distribuer la force de maison en maison dans les quartiers d'une grande ville, et à les faire pénétrer dans des logements d'ouvriers à un étage quelconque de ces immeubles. Des deux parties de la question proposée, transmission et distribution, ils ne résolvent, d'une façon pratique et courante, que la première, la *transmission;* et dès lors il n'y avait pas lieu de discuter les conditions, en certains cas bien appropriées aux circonstances et alors avantageuses, dans lesquelles ils peuvent fonctionner.

Vapeur. — La vapeur d'eau, qui est le principal agent de production de force, devait naturellement aussi être essayée comme agent de transmission.

A l'époque où je commençai à m'occuper de la distribution de la force à domicile, il se créait, à New-York, une Société industrielle, sur laquelle je recueillis les renseignements suivants. Elle se proposait de distribuer dans les maisons de la vapeur, que les consommateurs pourraient utiliser pour le chauffage ou pour la force motrice. Le tuyau d'alimentation de chaque logement porterait un compteur, et des régulateurs permettraient de maintenir une pression constante dans chaque branchement particulier ; cette pression étant de 5 kilos par centimètre carré quand la vapeur serait employée pour la force motrice, de 200 grammes par centimètre carré quand on ferait du chauffage. Il était question d'actionner de cette manière des machines assez puissantes, de 10, 20, 30, 50 et même 100 chevaux, mais fort peu de petites machines.

Cette réserve me fit penser qu'en effet, la vapeur employée dans des machines très petites, d'une force d'un demi-cheval et surtout de 24, 12, 6 et 3 kilogrammètres, comme celles auxquelles nous avions surtout songé, donnerait un fort mauvais rendement ; et c'est ce que l'expérience a toujours montré jusqu'à ce jour.

L'installation de New-York est aujourd'hui achevée et fonctionne depuis deux ans. Les machines qui reçoivent la vapeur de la canalisation sont surtout au service de grands établissements, où la force employée est déjà considérable, tels que des restaurants, des théâtres, des banques, des imprimeries, etc. Cependant, pour satisfaire aux demandes de la clientèle, on a construit aussi des machines d'une force beaucoup

moindre et descendant jusqu'à un cheval, mais dont le rendement est alors, lui aussi, fort diminué.

Dans les conditions où nous nous étions placés, il s'agissait surtout de nous adresser aux travailleurs en chambre dont les outils ne demandent, pour la plupart, qu'une force motrice inférieure ou au plus égale à un cheval ; nous devions donc écarter la vapeur comme agent de transmission.

Il me semblait aussi que la canalisation de vapeur d'eau serait plutôt utilisée comme chauffage ; qu'elle avait à coup sûr deux buts à remplir ; et que, du moment qu'on n'en visait qu'un seul, il était préférable d'employer un mode spécial.

Et, en effet, sur quatre mille chevaux-vapeur fournis l'année dernière aux consommateurs de New-York, plus de deux mille ont servi au chauffage des maisons, des cuisines, et autres usages analogues ; et le surplus a été employé pour actionner des machines d'une force relativement assez considérable.

Il est juste d'ajouter que la clientèle de la « New-York steam Company » est satisfaite du service que lui rend la Société, et que les ingénieurs de cette dernière ont vaincu les mille difficultés pratiques toujours inhérentes à chaque entreprise nouvelle, en déployant une intelligence et une persévérance qui honorent nos confrères d'Amérique.

Ils avaient surtout à craindre les pertes occasionnées par la condensation de la vapeur dans les longs tuyaux, et à éviter les fuites qui ont assez souvent donné lieu à des plaintes et à des réclamations fort vives de la part des municipalités. — Aussi la canalisation a-t-elle été fort soignée et puissamment protégée contre le refroidissement dû au rayonnement et au contact de l'air ou du milieu ambiant. Tous les tuyaux sont entourés d'une enveloppe en laine minérale ; les plus gros, qui ont 40 centimètres environ de diamètre, sont placés dans un briquetage, et les plus petits, dont le diamètre descend jusqu'à 10 centimètres et même au-dessous, sont placés dans des coffres en bois qu'un feutre goudronné garantit contre l'humidité.

Enfin, on est parvenu, au moyen de procédés fort ingénieux dont je n'ai pas eu la description, à faire revenir aux chaudières toutes les eaux de condensation, et à obtenir ainsi une exploitation assez économique. Mais les frais de premier établissement, déjà fort élevés, en ont encore été augmentés ; et les entrepreneurs, qui ont voulu imiter

l'installation de New-York dans plusieurs autres villes des États-Unis, n'ont pas été fort heureux. La Compagnie de New-York, puissamment organisée, et qui dispose d'un capital de plus de six millions, a fait, elle, un bénéfice d'à peu près 2 pour 100, bien qu'elle n'ait livré à la consommation que la moitié environ de la quantité de vapeur qui peut être fournie par l'usine centrale actuelle; ce qui ne l'empêche pas de songer aujourd'hui à établir une nouvelle station centrale.

Eau sous pression. — Si l'on examine ensuite le troisième agent de transmission de force que j'ai cité, à savoir, l'eau sous pression, on se convaincra aisément que, pour l'employer, il faut disposer d'une quantité d'eau plus considérable que celle qui est actuellement distribuée dans Paris ; et surtout il faut l'obtenir à une pression suffisante, ce qui exigerait pour les villes une installation grandiose et coûteuse. Avec l'eau de Seine, dit M. de Parville, le cheval reviendrait à plus de 70 fr. par jour à Paris, vu le prix d'abonnement de la Compagnie des eaux. Ce n'est plus ici, en effet, comme dans les localités où l'on possède de fortes chutes d'eau et des débits considérables ; et l'on ne saurait s'arrêter à l'idée de transporter avec fruit dans les quartiers populeux des grandes villes les moteurs hydrauliques, si justement renommés et si avantageusement employés dans un certain nombre de villes et de villages de la Suisse.

On ne peut, non plus, considérer comme une distribution de force à domicile, qui doit alimenter de petits moteurs toujours en marche, les transmissions de force hydrauliques, réalisées dans les ports ou dans quelques quartiers d'une ville comme Londres, spécialement occupés par des docks et de grands magasins où fonctionnent surtout des grues hydrauliques et des machines intermittentes, qui justifient l'emploi des accumulateurs à haute pression.

Électricité. — Passant à l'électricité, j'avais été frappé comme tout le monde des progrès qu'avait mis en relief l'Exposition de 1881. Je connaissais les installations de transmission électrique de la force faites aux mines de la Péronnière et de Blanzy ; mais je savais aussi que le rendement et le coût de ces transmissions n'étaient pas fort satisfaisants. Je suivis avec attention les expériences faites à la gare du Nord, sous la direction de l'éminent électricien M. Marcel Deprez, et aussi celles de Munich. Ces expériences, d'après les comptes rendus

publiés par l'Académie des sciences et reproduits dans nos Bulletins, ont donné un rendement maximum de 34 pour 100 ; et il ne s'agissait que de la simple transmission d'une machine à une autre, non pas encore de la distribution à un grand nombre de machines placées sur des dérivations ; si bien qu'à l'époque où je faisais les études et les projets relatifs à l'usine dont je vais donner la description, on pouvait dire (et j'emprunte ici encore une expression heureuse au discours que j'ai cité tout à l'heure, mot qui m'avait frappé, moi tout nouveau venu alors dans votre Société) on pouvait dire : qu'il y a, dans le transport électrique de l'énergie, deux éléments imparfaitement réalisés, deux grandes sources d'inconnu : *l'emmagasinage* et la *distribution*.

Je sais bien que, depuis deux ans, de grands efforts ont été dépensés pour faire de l'électricité l'agent par excellence de la transmission de la force à distance ; on annonce leur réussite, et je la souhaite sincèrement, persuadé qu'il y aura place encore, à côté des systèmes électriques, pour les autres procédés de transmission. Tout progrès scientifique et industriel sera toujours salué avec joie par un ingénieur qui aime sa profession, et je serai des premiers à applaudir aux succès de l'électricité.

Je devais seulement constater l'état actuel de la question, au moment de mettre en pratique un système différent ; et, à cette époque, comme aujourd'hui encore, je crois, il n'y avait de distribution électrique de la force, fonctionnant régulièrement sur une grande échelle, que la station centrale Edison, à New-York. Quant aux détails de cette installation et de son fonctionnement, ils n'ont pas été donnés au public, pas plus que les résultats financiers ou commerciaux de l'exploitation industrielle.

En attendant, d'autre part, l'achèvement des essais et des expériences qui sont poursuivis en France sous la direction de l'habile savant dont j'ai prononcé le nom il y a un instant, il faut bien nous en rapporter aux choses connues ; et, sinon pour l'éclairage, du moins pour le transport de l'énergie, on n'est pas encore, avec l'électricité, en face de rendements, de prix de revient ni de conclusions vraiment industrielles, basés sur la marche continue et régulière, prolongée, d'une véritable application pratique, d'une usine.

Au point de vue d'un projet à établir, si l'on considère une usine centrale de production de force motrice, on peut croire que son prix d'établissement serait beaucoup plus élevé dans le cas de l'électricité

que dans le cas du vide. En effet, avec le vide, il suffit d'ajouter aux machines à vapeur ordinaires des cylindres à vent placés dans le prolongement des cylindres à vapeur, ce qui n'augmente pas beaucoup le prix de la machine; et on recueille ainsi presque toute la force développée sur le piston à vapeur, puisqu'on évite la perte due à toute espèce de transmission. — Si l'on a recours à l'électricité, il faut actionner, par des machines à vapeur et à l'aide de transmissions, des machines dynamo-électriques d'un système quelconque; on a ainsi à tenir compte du rendement de la transmission, et on doit faire une dépense de premier établissement plus considérable. La même observation s'applique aux machines réceptrices ou moteurs installés chez les particuliers.

Quant à la canalisation, l'on sait bien ce qu'elle sera dans le cas de l'air; mais on ne le sait que vaguement dans le cas de l'électricité. N'a-t-on pas vu à ce sujet les divergences les plus grandes? M. Siemens parlait jadis de tiges de cuivre pleines, ayant vingt centimètres de diamètre et n'admettait pas qu'on pût laisser pénétrer dans l'intérieur des maisons un courant ayant une force électromotrice supérieure à deux cents volts. D'autre part, on propose actuellement pour conducteurs des tiges d'un diamètre beaucoup moindre et on ne recule pas devant les plus hautes tensions.

Quoi qu'il en soit des résultats futurs, et tout en reconnaissant qu'entre les mains d'expérimentateurs et de praticiens aussi distingués que ceux qui s'occupent de la question du transport électrique de la force, on peut voir éclore tôt ou tard une heureuse solution de ce problème, il est permis de penser qu'elle ne s'imposera pas à l'exclusion de toute autre.

L'électricité doit, en effet, compter avec ses machines spéciales, tant pour les machines productrices que pour les machines réceptrices; elle doit compter avec des conducteurs constituant une canalisation dont on ne connaît pas, comme pour les conduites de gaz ou d'air, employées depuis de longues années, les avantages et les inconvénients; et enfin elle doit aussi compter avec le danger qu'il y aura toujours à se servir de courants électriques à haute tension.

Dans le système de distribution par l'air raréfié, l'on n'a pas de ces machines à organes délicats comme les machines électriques, qu'on ne peut abandonner aux mains de tout le monde, sans qu'il y ait parfois du danger, souvent des détériorations et des mises hors d'état de fonc-

tionner plus ou moins longues. Les moteurs à air raréfié sont si simples qu'ils peuvent être confiés aux mains les plus inexpérimentées et ils marchent très longtemps sans exiger de réparation ni de nettoyage.

Quant au danger, je n'ai pas besoin d'en parler à des ingénieurs ; et le public, le moins habitué aux questions scientifiques, comprend lui-même aisément que, dans ce système de distribution, il n'y en a aucun. Les ennuis et les dangers, nous les gardons pour nous à l'usine centrale, où nous avons les générateurs à vapeur, les hautes températures, le combustible et tout ce qui s'ensuit; tandis que nous ne laissons au client qu'un moteur simple et commode, lequel, une fois mis en marche, a tout simplement pour effet d'enlever, de renouveler, l'air de la salle où il est placé, condition des plus favorables pour la ventilation et l'aération des ateliers.

Je serais incomplet si, avant de passer à l'examen d'un autre agent de distribution de force motrice, je ne mentionnais pas les projets, élaborés par divers électriciens, et consistant dans le placement d'accumulateurs chez les abonnés. On a fondé, pendant quelque temps, de grandes espérances sur les accumulateurs ; et, en théorie, ce mode d'emmagasinage est, à coup sûr, très séduisant. Les piles secondaires semblent, en effet, constituer tout naturellement un réservoir de force facilement utilisable. Mais si l'on s'en rapporte aux expériences de MM. Joubert, Tresca et autres, on trouve que la pile ne recueille que les deux tiers du travail qui lui est fourni, et que, des deux tiers ainsi recueillis, on ne peut restituer que les trois cinquièmes. Si l'on songe ensuite : aux poids qu'exigent les appareils, quand on ne veut pas avoir à les recharger trop souvent; à la place qu'ils occupent alors chez les particuliers ; à l'embarras que donnent, par suite, leur installation et leur entretien ; et enfin à l'usure rapide d'accumulateurs qui fonctionnent continuellement, usure qui provoque un renouvellement fréquent d'où résultent des frais énormes pour l'amortissement du matériel; on peut considérer le problème de la distribution de la force à domicile comme non résolu encore pratiquement par le système des accumulateurs.

Il reste à examiner les avantages et les inconvénients des deux derniers agents de transmission de force que j'ai énumérés en commençant; savoir : le gaz et l'air, comprimé et raréfié.

Gaz. — Les moteurs à gaz ont résolu la question de distribution de

la force motrice à domicile, cela est certain ; mais il est permis de penser que les nombreux inconvénients qui les accompagnent nécessairement devront leur faire préférer, en un grand nombre de cas, les machines à air raréfié.

En effet, les petits moteurs à gaz, quoique réduits déjà à de faibles dimensions, sont parfois encore encombrants ; et ils exigent plus de place que les moteurs à vide de même force, comme l'indique le tableau comparatif ci-après.

Ils coûtent, en outre, assez cher, et la plupart des ouvriers ne peuvent faire la dépense de l'achat d'un moteur à gaz ; le prix des moteurs à vide, à force égale, est moins élevé[1]; et d'ailleurs l'ouvrier n'aura pas à l'acheter; car le système que nous proposons est tel que le client n'aura aucun déboursé à faire pour l'installation d'un moteur dans sa chambre.

Quant au prix auquel revient, pour le client, la force distribuée par le gaz, il est égal, sinon supérieur, à celui qui ressort dans le système de l'air raréfié.

Enfin, notons que la combustion du gaz dégage de la chaleur, ce qui oblige à avoir recours à un refroidissement artificiel au moyen de l'eau ou de surfaces rayonnantes ; qu'elle donne naissance à de mauvaises odeurs et qu'elle produit parfois, lors de l'échappement, des détonations sinon dangereuses, du moins désagréables. Rappelons aussi que les plus simples des moteurs à gaz sont encore assez compliqués pour exiger des instructions longues et détaillées, relatives à la mise en marche, à l'entretien et au graissage.

Rien de tout cela, comme on le verra, dans les moteurs à air.

Air. — Abordons maintenant l'examen de ces moteurs : et voyons d'abord les avantages qu'ils présentent, aussi bien dans les cas du vide que dans celui de la compression, sur les divers autres systèmes de transmission et spécialement de distribution de la force.

Avec les moteurs à air, l'on n'a pas la préoccupation du retour comme avec la vapeur, l'eau, les câbles ou l'électricité ; l'on n'a pas à s'inquiéter du suintement comme dans les conduites d'eau ; de la chaleur et de

1. Exemples : Les moteurs Bisschop de 6 et 25 kilogrammètres coûtent 640 francs et 1 140 francs ; nos moteurs de 6 et 24 kilogrammètres coûtent 180 francs et 500 francs. Le moteur Otto d'un demi-cheval coûte 1 800 francs ; notre moteur de 40 kilogrammètres (force légèrement supérieure) coûte 650 francs.

la condensation comme dans les conduites de vapeur; de l'incandescence, des étincelles et de l'isolement imparfait, source de véritables dangers, comme dans les conducteurs électriques; des mouvements rapides et désordonnés comme dans les câbles télédynamiques. Les différences de niveau et les coudes n'exercent aucune influence fâcheuse dans la canalisation; et l'on peut avantageusement, à l'aide de réservoirs, isoler cette canalisation des machines produisant la force.

Ces divers avantages, ainsi que ceux relatifs à la sécurité et à la salubrité, s'appliquent également aux moteurs à air comprimé et aux moteurs à air raréfié.

Il reste à expliquer pourquoi, dans la question qui nous occupe et qui consiste à distribuer à domicile de *petites forces*, la préférence nous semble devoir être donnée à l'air raréfié.

Air comprimé. — Les inconvénients principaux de l'air comprimé consistent : dans l'élévation du prix de premier établissement et de production, due à la spécialité ainsi qu'à la complication de construction des compresseurs; et dans le faible rendement de ce mode de transmission.

Ceux de l'air raréfié consistent dans les limites restreintes dans lesquelles on peut faire varier la pression effective et dans les dimensions d'autant plus grandes que l'on doit donner aux moteurs-outils et aux machines aspirantes.

Aussi, dès qu'il s'agit de transmettre en un point donné des forces relativement considérables, n'y a-t-il pas à hésiter : il faut donner la préférence à l'air comprimé, malgré le faible rendement.

Mais dès que les fractions, dans lesquelles se divise la force distribuée, ne dépassent pas un cheval, il vaut mieux recourir au système de l'air raréfié, dont les machines ont alors des dimensions très suffisamment petites, inférieures notablement à celles qu'on donne aux moteurs à gaz correspondants, aux moteurs Bisschop, par exemple, ainsi que le montre le tableau comparatif suivant :

DÉSIGNATION DES MOTEURS		HAUTEUR	LARGEUR	LONGUEUR	Diamètre du volant
Moteurs à air raréfié de	6 kilogrammètres.	0m,38	0m,23	0m,23	0m,25
	24 —	0 ,80	0 ,45	0 ,45	0 ,56
	80 —	1 ,05	0 ,55	0 ,55	0 ,90
Moteurs à gaz Bisschop de	6 kilogrammètres.	1m,25	0m,55	0m,66	0m,60
	25 —	1 ,90	0 ,73	1 ,00	1 ,16
	50 —	2 ,22	0 ,85	1 ,15	1 ,30

Ainsi, d'une part, dans ces différents cas, qui sont ceux où nous nous plaçons, l'on n'a pas à se préoccuper des conditions physiques qui obligent à donner aux moteurs à vide des dimensions plus grandes qu'aux moteurs à compression. Et, d'autre part, sous le rapport du rendement, le système du vide partiel présente un avantage marqué sur le système de la compression.

On pouvait, du reste, s'attendre à ce résultat; car toutes les expériences faites sur les moteurs à air comprimé ayant montré que, plus la pression à laquelle on marche est basse, plus le rendement est élevé, il était logique, pour obtenir un plus grand rendement, d'abaisser le plus possible la pression, et, par suite, de passer des moteurs à air comprimé aux moteurs à air raréfié.

L'on a pu voir, dès lors, que, tandis qu'avec l'air comprimé on obtenait un rendement de 20 à 25 pour 100 en pression élevée, et de 30 pour 100 environ en basse pression, et cela dans le cas d'une transmission d'une machine à une autre machine, sans distribution ni division de la force, on arrivait, au contraire, par le système du vide, et dans le cas du fractionnement de la force distribuée, à un rendement de plus de 45 pour 100.

On peut facilement se rendre compte de cette différence en analysant les diverses phases du parcours de la force depuis son point de départ jusqu'à son point d'arrivée.

Supposons, avec M. Pochet, ingénieur des ponts et chaussées, qui envisage le cas d'une pression moyenne de 4 à 7 atmosphères, une

usine centrale où les appareils à comprimer l'air soient actionnés par des machines à vapeur de grande puissance :

Les pompes utilisent 75 pour 100 de la force transmise ; la canalisation, longue par exemple de 1 kilomètre, pourra perdre 5 pour 100; le mécanisme des moteurs utilisera environ 60 pour 100 du travail de l'air dans les cylindres. Enfin, ce travail, réduit à la pleine pression, ne sera lui-même que les 50 pour 100 du travail que produirait l'air comprimé, s'il était possible de le détendre jusqu'à la pression atmosphérique. Le rendement total du système, par rapport à celui de la machine à vapeur centrale, sera donc, en tenant compte des quatre coefficients précédents :

$0,75 \times 0,95 \times 0,60 \times 0,50 = 0,214$, c'est-à-dire 21 pour 100.

Air raréfié. — Considérons maintenant le cas de l'air raréfié. Tout d'abord, au lieu d'appareils compresseurs compliqués, on emploiera, comme on l'a dit plus haut, de simples cylindres à vent, placés sur le prolongement des cylindres à vapeur; et, dans ces conditions, l'on peut compter sur près de 93 pour 100 de la force transmise. Pour la canalisation, nous admettrons la même perte de 5 pour 100, bien que l'on conçoive que la chute de pression soit nécessairement moindre avec l'air raréfié qu'avec l'air comprimé. Le mécanisme des moteurs à air raréfié utilise, d'après MM. Petit et Tatin, 60 pour 100 du travail de l'air dans les cylindres; c'est encore le même chiffre que pour l'air comprimé.

Mais, tandis que, dans le cas de la compression, le défaut de détente donne un coefficient de 50 pour 100, les moteurs à air raréfié peuvent marcher en détente; et, d'après les études que MM. Petit et Tatin ont faites il y a deux ans, il n'y a à tenir compte de ce chef que d'un coefficient de 85 pour 100. Pour le rendement total on a donc :

$$0,93 \times 0,95 \times 0,60 \times 0,85 = 0,45,$$

c'est-à-dire 45 pour 100, comme je l'énonçais précédemment, chiffre supérieur au double de celui qui a été trouvé pour l'air comprimé.

Si l'on ne peut faire travailler l'air comprimé froid en détente, au delà d'une limite peu éloignée de la pleine pression, cela tient à ce que la chaleur absorbée par l'air, pendant qu'il se détend, produit un abaissement de température tel qu'il en résulte presque inévitablement une congélation de la vapeur d'eau entraînée et des huiles de graissage, autre inconvénient du système de l'air comprimé qu'on ne saurait passer sous silence.

Ce phénomène est loin de se produire avec autant d'intensité dans

le système du vide ; et l'on n'a pas non plus à faire, tout le long de la canalisation, cette évacuation de l'eau que, dans le système de la compression, l'air entraîne à sa sortie des compresseurs, ce qui exige l'installation de robinets purgeurs, ou de collecteurs à purgeur automatique ou de purgeurs automatiques spéciaux.

DESCRIPTION

DU SYSTÈME ET DE L'USINE

DE DISTRIBUTION DE FORCE MOTRICE A DOMICILE

AU MOYEN DE L'AIR RARÉFIÉ

Principe du système. — Tels sont les motifs qui nous ont amenés à adopter le système de distribution par l'air raréfié. Ce système consiste, au moyen de machines pneumatiques placées dans une usine centrale, à entretenir un vide de 75 pour 100 environ dans une canalisation pénétrant dans les appartements, où elle peut, à la volonté du client, être mise en communication avec le moteur installé chez lui, ce qui permet à ce moteur de prendre son mouvement.

On a quelquefois mis en doute la possibilité d'entretenir ainsi le vide dans une grande canalisation. Les expériences faites au boulevard Voltaire, par les soins de l'ancienne Société civile, ont prouvé le peu de fondement de cette objection. Sur un parcours de 600 mètres, la pression d'un quart d'atmosphère était maintenue si exactement, que deux manomètres placés, l'un à l'atelier central, l'autre près des moteurs en chambre, marquaient constamment le même niveau. Une autre preuve a été d'ailleurs donnée sur un autre point de Paris, grâce aux essais que M. Berlier a faits de son système de vidange pneumatique à la caserne de la Pépinière. Dans une canalisation de 5 kilomètres, composée de tuyaux en fonte, reliés entre eux par des bagues, avec joints au plomb, on a pu obtenir en quelques minutes un vide équivalent à 0,70 de mercure. En arrêtant la marche de la pompe, on a constaté que l'aiguille de l'indicateur reste presque fixe, ce qui prouve que les introductions d'air sont de très minime importance.

Principe de l'exploitation. — Quant à savoir comment se fait l'exploi-

tation de notre système et comment est déterminée la dépense faite par chaque abonné ou client, il est facile de le faire comprendre en deux mots. Tout d'abord, je rappelle que nous n'exigeons aucune dépense d'achat de la part de l'abonné ; le moteur dont il a besoin est installé chez lui sans frais ; il reste la propriété de la Société, qui le lui loue au mois, comme la Compagnie du gaz fait pour ses compteurs. Ensuite, en ce qui concerne la dépense de force employée par l'abonné, il suffit de faire remarquer que chacune de nos petites machines est munie d'un compteur de tours. Or, le nombre de tours que fait chaque moteur dans un temps quelconque est proportionnel à la force qu'il fournit. Nous avons provisoirement adopté six types de moteurs ; pour chacun de ces types, l'expérience et la théorie, contrôlées l'une par l'autre, déterminent préalablement et contradictoirement le nombre de tours correspondant à un cheval, à un demi-cheval, à un tiers de cheval, à 12, à 6 et à 3 kilogrammètres, de sorte que pour chaque moteur, on paye d'après le nombre de tours, nombre qu'un employé relève périodiquement.

Telles sont les considérations générales que je voulais rappeler avant d'entrer dans la description proprement dite de l'usine de la rue Beaubourg et de ses annexes. Telles je les présente aujourd'hui, telles je les ai présentées il y a bientôt deux ans, mais moins développées et avec plus de réserve, n'ayant pas encore ces deux années d'expérience derrière moi, dans une réunion générale de tous les membres de cette Société civile qui m'avait chargé de lui rédiger un rapport sur la question.

Société d'exploitation. — A la suite de ce rapport, présenté en mars 1882, M. Petit et moi recevions de nos collègues la mission de constituer une Société commerciale d'exploitation avec le concours de nos amis et connaissances.

Nous nous mîmes aussitôt à l'œuvre ; et, après un an de démarches, de tentatives diverses et d'efforts multipliés, nous parvînmes à réunir un capital de 300 000 francs dont 190 000 francs souscrits ; le reste, en actions libérées, devant servir à rembourser toutes les dépenses faites par la Société d'études, et à représenter les apports.

Certes ce capital était minime ; l'on savait bien qu'on ne pourrait aller loin avec cela, et l'on prévoyait dès le premier jour une augmentation prochaine, à laquelle on pourrait avoir recours dès qu'on aurait

fait preuve de vitalité et de bonne marche. Mais on ne pouvait, pour le moment, faire plus : on était au lendemain du désarroi financier de 1882, et l'on s'était en outre imposé la condition de n'avoir recours, pour la réunion des fonds nécessaires, à aucun financier, et d'y parvenir sans aucun intermédiaire, sans commission et sans majoration d'aucune sorte, conditions qui furent ponctuellement réalisées.

Quoi qu'il en soit, l'on existait enfin ; l'on avait un crédit suffisant pour débuter, et il s'agissait de passer à l'exécution de l'entreprise.

Projets relatifs à la première usine. — M. Petit, comme administrateur délégué, et M. Boudenoot, comme ingénieur, tous deux, d'ailleurs, membres du conseil d'administration de la Société, furent chargés de diriger les travaux. Notre premier soin fut de nous rendre compte, approximativement, de l'importance qu'on pouvait donner à l'établissement primitif avec lés ressources dont on disposait.

La force distribuée à domicile devait varier, suivant nos calculs, de 30 à 40 chevaux, et par suite la force de la machine aspirante devrait être portée jusqu'à 70 à 80 chevaux ; la canalisation pourrait avoir une longueur de 300 à 400 mètres.

On verra, par ce qui suit, que ce programme a été suivi et exécuté presque ponctuellement. Les devis établis, conformément à ces projets, n'ont pas été dépassés de plus de 3 à 4 pour 100, malgré les travaux considérables auxquels a donné lieu une situation locale tout à fait exceptionnelle.

Sur certains points, les projets primitifs ont été légèrement modifiés ; on s'est résigné à faire tout de suite certaines installations qu'on avait d'abord ajournées pour les années suivantes, parce que, en les faisant immédiatement, on en rendait l'exécution plus facile et la dépense moins grande. Et on n'a pas hésité à le faire, malgré l'exiguïté du capital, parce qu'on avait à la fois confiance absolue dans la réussite première, et intention bien arrêtée de procéder sans retard, dès que les machines montreraient ce qu'elles peuvent donner, à un accroissement de l'exploitation. C'est ainsi que, tout en installant une machine à vapeur de 75 chevaux, on a immédiatement établi un générateur et foncé un puits, capables d'alimenter deux machines de cette force, et enfin monté une cheminée de l'importance correspondante. De cette manière, l'établissement à faire pour doubler la production sera relativement peu considérable, et la proportionnalité qui existe ordinaire-

ment entre l'accroissement des dépenses et l'accroissement des recettes, lorsqu'on donne de l'extension à une entreprise industrielle quelconque, sera encore, dans notre cas particulier, plus favorable aux recettes.

Nous n'avons pas hésité non plus à choisir un local plus grand que celui qui nous eût été rigoureusement suffisant pour établir l'usine correspondante à une distribution de 30, puis de 60 chevaux environ; et nous n'avons pas reculé devant un loyer un peu plus élevé afin de nous installer, d'abord, au cœur même de la petite industrie parisienne qui doit nous fournir notre plus nombreuse clientèle, et ensuite, de telle manière que nous pussions, dans le même local, porter la production de l'usine jusqu'à près de 150 chevaux distribués, c'est-à-dire monter encore trois autres machines de la même importance que celle qui fonctionne aujourd'hui.

La rue Beaubourg, en effet, est située dans le quartier Saint-Avoye, et ce quartier se compose de rues étroites, bordées de maisons élevées et dans lesquelles on travaille pour ainsi dire à tous les étages. Dans ces innombrables logements-ateliers, où le personnel se compose souvent de la famille du patron, on fabrique les articles en écaille et en ivoire, les brosses, les cannes, les parapluies, les fouets, tout ce qui convient à l'établissement d'un étalage, les peignes, les portefeuilles, les porte-monnaie, la coutellerie, les boutons, l'optique, la bimbeloterie en tous genres, la tabletterie et les jouets d'enfants; le meuble en chêne clair ou en bois blanc, les cartons; les chapeaux et les casquettes. Là se trouvent les bijoutiers et les chaînistes, les affineurs de métaux précieux, les fondeurs, les estampeurs de métaux précieux et un certain nombre d'orfèvres. — C'est ainsi que d'immenses hôtels des siècles passés sont devenus, dans ce quartier, de véritables cités industrielles dans lesquelles s'exercent presque tous les métiers parisiens.

Il m'a paru bon de présenter ces observations préliminaires sur l'ensemble de notre établissement, afin de n'avoir pas à y revenir en faisant la description successive et détaillée des installations qu'il comporte et des divers appareils dont elles se composent.

Le centre de distribution de force motrice à domicile que nous avons établi rue Beaubourg (et nous espérons bien en établir plusieurs de la même importance ou d'une importance plus grande encore dans les quartiers voisins); ce premier centre, ou, comme nous l'avons dénommée, notre usine n° 1, comprend trois parties distinctes :

L'usine proprement dite ou atelier de production de la force;

La canalisation;

Les machines réceptrices, ou moteurs à air raréfié.

Je vais les passer en revue successivement.

Usine centrale.

Considérée au point de vue unique de la production de la force, l'usine centrale peut se réduire à la machine aspirante, au moteur à vapeur qui l'actionne, aux appareils d'alimentation de ce moteur. Mais elle doit comprendre, en outre, les appareils accessoires, les emplacements nécessaires aux combustibles, à la cheminée, et les salles affectées à divers services, direction, bureaux, ateliers d'entretien, de réparation, etc. C'est ce qui a été réuni, de la manière la plus serrée et pressante, en utilisant la moindre parcelle de terrain, dans le local dont le plan est ci-joint (pl. n° 92). Ce local est situé au fond d'une cour, dont l'accès n'est pas très facile, ce qui a suscité, pour l'entrée des machines, de la chaudière et de la cheminée, des difficultés qu'on a eu assez de peine à vaincre pour la première fois. Il se compose de trois parties principales (Pl. 92, fig. 1) :

La salle d'entrée A, et ses annexes B, C, D ;

La cour vitrée E;

La salle du fond F.

Disposition générale. — Une porte vitrée, qui règne sur toute la façade de la salle d'entrée, permet aux regards de plonger jusque dans la salle du fond. La division même du local indiquait la distribution à adopter. Les générateurs ne pouvaient être placés que dans la cour E. La salle du fond F, divisée par des piliers en quatre travées rectangulaires, était naturellement désignée pour recevoir les machines à vapeur. De la salle d'entrée A on fit une salle dite d'expériences et de démonstration.

Dans cette salle A, ou vestibule, sont disposés un certain nombre de petits moteurs à air qui actionnent divers outils (scies droites, scies circulaires, machines à coudre, tours, etc.) ; puis les machines réceptrices, qu'on doit essayer avant de les installer chez les clients. Une petite voie de 50 centimètres de largeur est établie sur le côté sud du vestibule : elle est destinée au transport du charbon qui se fait par wagonnet. Le wagonnet se charge au dehors, dans la cour, suit la

voie ferrée, passe sur une bascule *a*, arrive sur une plaque tournante *b* et pénètre dans le corridor C. Là, on le renverse, et le combustible tombe dans une cave située sous la partie D, cave qui communique directement avec la salle de chauffe du générateur.

La petite salle B est un magasin pour divers organes de canalisation, et quelques pièces de machines, et sert aussi d'atelier d'ajustage et de réparations.

Les pièces D servent : la première, de bureau pour le dessinateur et le secrétaire-comptable ; la seconde, de cabinet pour le directeur et l'ingénieur.

La salle du fond F est réservée aux machines aspirantes. Elle est divisée, comme l'indique le plan, en quatre travées rectangulaires par des piliers en maçonnerie et des colonnes en fonte. Il s'agissait d'y placer les machines motrices, en passant à côté de ces supports, auxquels le gérant et l'architecte de l'immeuble avaient bien recommandé de ne pas toucher. On résolut de disposer une première machine dans la travée nord. La seconde machine sera installée dans la travée sud ; les deux autres dans les travées intermédiaires. Mais à quel type de machine s'arrêterait-on ? A l'époque où le local fut loué, la question était déjà décidée.

Choix d'une machine à vapeur. — Pendant les mois qui avaient précédé la constitution de la Société, j'avais, en effet, adressé à diverses maisons de construction une lettre-circulaire exposant aussi clairement que possible l'objet de notre entreprise, indiquant d'une façon exacte et précise les termes du problème à résoudre, et contenant le questionnaire ci-après :

Dans quelles conditions la maison se chargera-t-elle de la construction des machines à vapeur et des pompes de l'usine centrale ?

Quels seront :

Le type adopté ?

Le diamètre et la course du cylindre à vapeur ?

— — à vent ?

Le nombre de tours ?

Adaptera-t-on au cylindre à vent une enveloppe à circulation d'eau, ou un appareil d'injection d'eau, ou aucun de ces appareils ?

Le type de générateur à vapeur ?

Emplacement occupé par la machine ?

Consommation de vapeur ?
Prix des appareils ?
Prix de la tuyauterie ?
Prix du montage, emballage, transport ?
Durée de l'exécution de la commande ?

Six sur dix, des maisons consultées, nous envoyèrent leur projet, et je composai un tableau comparatif des diverses solutions proposées. Une seule avait eu recours à une machine verticale, à deux cylindres, du système Compound, avec les cylindres à vent superposés aux cylindres à vapeur. Toutes les autres avaient eu recours à la machine horizontale, à un seul cylindre, à détente et à condensation, du système Corliss ou d'un système analogue, le cylindre à vent étant placé dans le prolongement du cylindre à vapeur. Le projet le plus étudié, auquel nous nous sommes arrêtés, donnait les détails d'un régulateur spécial, assurant une vitesse en rapport avec la pression de l'air dans les conduites, pression qu'il s'agissait de maintenir constante, malgré les variations de la quantité d'air pénétrant dans la canalisation. Notre choix fait, et s'étant porté sur la maison de M. Brasseur, constructeur à Lille (ancienne maison Le Gavriant), il n'y eut plus qu'à s'entendre avec l'ingénieur, chargé des études de construction ; et nous nous plaisons à déclarer que nous avons trouvé en M. Garand un auxiliaire précieux, dont l'expérience et les conseils nous ont été fort utiles.

Nous prîmes pour base les indications de la lettre-circulaire que j'avais rédigée, une petite note additionnelle que j'y avais jointe, et les calculs résultant des expériences et essais faits préalablement par M. Petit.

Choix du cylindre à vent. — Ces expériences ayant démontré que : dans la compression qui s'opère dans le cylindre à vent, aspirant l'air à la pression 1/4 et le rejetant à la pression atmosphérique, il se produit un échauffement considérable, quand la condensation du fluide s'opère en une demi-seconde, temps correspondant à la marche de 60 tours, il y avait lieu de décider tout d'abord quelles mesures on prendrait pour empêcher cet échauffement de l'air et préserver de ses effets les garnitures de piston.

On préféra l'*injection d'eau* à l'*enveloppe* pour plusieurs raisons, dont les principales sont : que l'*enveloppe* n'agirait que sur la masse d'air

voisine des parois du cylindre ; qu'elle augmenterait encore notablement le volume du cylindre à air dont les dimensions doivent déjà être relativement considérables : tandis que l'injection d'eau à l'état divisé refroidirait la masse entière, n'augmenterait pas le volume de l'appareil, et aurait cet avantage de lubréfier les parois intérieures du cylindre et d'empêcher ainsi le grippement au contact du piston.

Pour la vitesse de la machine, M. Garand tomba d'accord avec nous qu'il était inutile, dans le cas actuel, d'avoir une vitesse uniforme : il fallait, au contraire, en supposant une distribution de 30 à 40 chevaux répartie sur le nombre total des clients, admettre que bien rarement tous ces abonnés feraient ensemble fonctionner leurs moteurs, qu'à certaines heures de la journée un petit nombre seulement de moteurs seraient en marche, et qu'en général la moyenne à fournir serait de 25 chevaux environ. On avait donc à se préoccuper de l'élasticité de la machine, et à lui adapter un appareil qui agît sur sa marche, de telle sorte que la vitesse pût augmenter ou diminuer suivant que la pression de l'air dans la canalisation augmenterait ou diminuerait ; et cela, dans des limites assez étendues, de 20 à 60 tours par exemple, si c'était possible. Nous décrirons plus loin cet appareil spécial ; mais nous dirons tout de suite que, voulant entretenir une pression à peu près constante dans nos conduites, et n'admettant que de faibles écarts autour de la moyenne, comme c'est de ces écarts mêmes que dépend la marche du régulateur, nous avons dû resserrer les limites entre lesquelles pourrait varier la vitesse de la machine sous l'impulsion de ce régulateur, et admettre un minimum de 30 tours et un maximum de 50 tours. Dans ces conditions, la variation dans le degré du vide reste comprise entre 67 et 80 pour 100.

Ce premier point établi, M. Garand m'ayant demandé quelle capacité je proposais pour le cylindre à air, je lui remis la note suivante :

Calcul du volume du cylindre à air. — Pour calculer quel doit être le volume du cylindre à air, il faut envisager le cas où tous les moteurs à domicile fonctionnent ensemble, en supposant que, pour les alimenter, la machine donne alors sa vitesse maximum. La force distribuée sera alors maximum ; à mesure que la consommation baissera chez les particuliers par suite de l'arrêt de plusieurs moteurs, la vitesse de la machine aspirante diminuera grâce au régulateur spécial, pourra descendre à sa moyenne et à son minimum suivant les cas.

Or, nous supposons une distribution maximum de 35 chevaux et une vitesse correspondante de 50 tours. Cherchons la quantité d'air à extraire pour fournir ces 35 chevaux. Les expériences et essais qu'on a pu faire pendant huit mois au boulevard Voltaire sur la détente des machines ont montré qu'un mètre cube d'air pénétrant à travers les moteurs en chambre, dans la canalisation, produit un travail de 13 530 kilogrammètres, la machine étant supposée parfaite. Ces mêmes expériences, les recherches que nous avons faites, et les calculs dont j'ai donné plus haut le résumé, ayant fait admettre un rendement de 45 pour 100, après avoir tenu compte de toutes les résistances qui amènent une perte totale de 55 pour 100, on peut considérer que l'entrée d'*un mètre cube d'air*, pris à la pression atmosphérique, dans la canalisation fournit, en dernière analyse,

$$13530 \times \frac{45}{100} = 6075 \text{ kilogrammètres.}$$

Nous voulons fournir une force de 35 chevaux ou de $35 \times 75 = 2625$ kilogrammètres. La quantité d'air atmosphérique à faire pénétrer dans la canalisation à travers les moteurs doit donc être de :

$$\frac{2625}{6075} \text{ au } \frac{26}{61} \text{ ou } 0^{m3},426, \text{ à la pression atmosphérique.}$$

Mais cette masse d'air se détend dans les conduites jusqu'à la pression 1/4 et prend un volume quadruple, c'est-à-dire occupe 1704 litres.

Le cylindre à air a donc à extraire :

1704 litres à la pression 1/4 en une *seconde*, ce qui correspond au maximum de force distribuée, soit 35 chevaux.
1225 » ce qui correspond à une moyenne de 25 chevaux.
980 » » à une force de 20 chevaux.
735 » » à un minimum de 15 chevaux, si toutefois l'élasticité de la machine permet de descendre jusque-là.

Le premier de ces chiffres va nous donner la capacité cherchée, à l'aide d'un calcul fort simple.

La machine aspirante étant à double effet, le cylindre, pour extraire 1704 litres par seconde, devra avoir une capacité de 852 litres, si la machine marche à 60 tours.

On propose une vitesse maximum de 50 *tours*. La capacité du cylindre devra donc être de :

$850 \times \frac{60}{50} = 170 \times 6 = 1020$ litres, ou en chiffres ronds, *d'un mètre cube.*

Le type de machine Corliss qui est proposé ayant un cylindre de $1^m,07$ de longueur, et le cylindre à vent ayant la même longueur, son diamètre sera donné par la formule :

$$V = \pi . H . \frac{D^2}{4},$$

dans laquelle on fera $V = 1$

et $H = 1^m,07$

on en déduit $D = 1^m09$.

Je proposai donc pour le cylindre à air le diamètre ci-dessus. A chaque tour de la machine, on extraira 2000 litres d'air à la pression 1/4, ou 500 litres à la pression atmosphérique.

En marchant à 50 tours, on produira le maximum, ou 35 chevaux.

En marchant à 36 tours, on extraira $500 \times \frac{36}{60} = 300$ litres d'air par seconde à la pression atmosphérique ou 1200 à la pression 1/4, c'est-à-dire que l'on produira 24 chevaux,5, ou en chiffres ronds la moyenne de 25 chevaux.

En marchant à 30 tours, on extraira $\frac{500 \times 30}{60} = 250$ litres à la pression atmosphérique, ou 1000 litres à la pression 1/4, c'est-à-dire qu'on produira la force de 20 chevaux. Et ce sera le minimum puisque l'on ne peut, sans inconvénient, réduire davantage la vitesse de la machine.

Les conclusions de cette note parurent à M. Brasseur et à son ingénieur, M. Garand, susceptibles d'être adoptées, et le cylindre à vent fut en effet construit sur ces données : Il a en conséquence :

une longueur de $1^m,07$,

un diamètre de $1^m,09$.

Description du cylindre à air. — Le cylindre à air est placé directement en prolongement du cylindre à vapeur de la machine, auquel il st relié par deux forts tirants en fer pour éviter de faire supporter

aux fondations les efforts de traction et de compression transmis par les pistons.

La tige du piston du cylindre à air traverse le fond du cylindre à vapeur et est reliée à celle du piston à vapeur au moyen d'un clavetage; cette disposition a dû être adoptée pour diminuer autant que possible la longueur de l'ensemble, tout en laissant subsister la possibilité d'un démontage facile des pistons.

Le piston à air est un bloc de fonte portant extérieurement une série de rainures profondes et peu larges pour assurer l'étanchéité; la dernière rainure de chaque extrémité est garnie d'une lanière de caoutchouc durci, et le dessous de cette lanière est en communication avec l'intérieur du cylindre par une série de trous, de façon à faire de l'ensemble une garniture autoclave.

Le cylindre à air, qui repose directement sur la maçônnerie, est terminé par deux fonds plats portant les grilles des clapets d'aspiration et de refoulement. Ces derniers sont à la partie inférieure pour faciliter la sortie de l'eau d'injection servant au refroidissement de l'air ; ils sont munis chacun d'une boîte de fonte et ces deux boîtes sont réunies par un tuyau envoyant l'échappement d'air en dehors du bâtiment.

Les clapets sont formés de plaques en caoutchouc battant sur des grilles en fonte dressées.

Le cylindre est sans enveloppe de circulation d'eau ; nous avons dit précédemment qu'en raison de son grand diamètre et de la vitesse du piston, le refroidissement de l'air par ce procédé aurait été sans doute incomplet; de plus, il eût fallu graisser l'intérieur du cylindre et écarter ainsi l'emploi du caoutchouc comme garniture du piston, et même pour les clapets.

La circulation a été remplacée par une injection d'eau froide, qui se fait pendant la compression par les fonds du cylindre, au moyen d'une petite pompe à double effet mue par le balancier de la pompe à air de la condensation.

L'eau entre dans le cylindre par une série de trous de petit diamètre et est projetée avec force sur les faces planes du piston où le jet s'épanouit, remplissant ainsi le cylindre de gouttelettes divisées, éminemment propres au refroidissement de l'air, et à la lubréfaction des parois du cylindre.

Le cylindre fonctionne avec une régularité satisfaisante. Au début de la marche, quand les injecteurs n'ont pas encore fonctionné, un

bruit désagréable se produit, qui ne dure que quelques secondes, et qui est dû au grippement, les parois du cylindre n'étant pas encore lubréfiées.

Étude de la machine à vapeur. — L'étude de la construction du cylindre ayant été ainsi faite et ses détails réglés, il fallait vérifier si l'on pouvait accepter la machine proposée par le constructeur, sur le simple énoncé qu'elle aurait à fournir à domicile une moyenne de 25 chevaux, et un maximum de 35. Comme nous admettons une perte totale de 55 pour 100, il fallait demander à cette machine, en partant de cette hypothèse, une force moyenne de 55 chevaux, à la condition qu'elle pût, à un moment donné, bien que rarement, fournir jusqu'à près de 80 chevaux. Le type proposé paraissait devoir remplir ces conditions. Mais il était bon, avant de prendre une décision définitive, de déterminer par un calcul direct le travail à développer pour opérer l'extraction de la quantité d'air qui, d'après les conclusions adoptées et les conditions indiquées précédemment, devait pénétrer à chaque instant dans la canalisation pour produire la force à distribuer.

J'avais depuis longtemps établi la formule de ce travail et il ne restait qu'à l'appliquer au cas actuel; et, tout en la calculant, j'avais été amené à des résultats assez intéressants qui nous avaient fourni des indications fort utiles pour la pratique.

Je ne crois pas sans intérêt de reproduire ici ces calculs, et d'ailleurs donner une formule de travail sans indiquer comment on l'a obtenue et pourquoi on l'accepte n'est pas une bonne façon de procéder, en science, ni en industrie.

Je me suis posé le problème à résoudre dans les termes suivants :

Calcul du travail de la machine aspirante. — *Calculer le travail qu'il y a à produire pour maintenir, au moyen d'une aspiration continue, une pression égale à un quart d'atmosphère sur tout le parcours d'une canalisation, dans laquelle pénètre à chaque instant une certaine quantité d'air atmosphérique, passant au travers de moteurs appropriés.*

Rappelons que le travail produit par une masse de gaz qui se détend est donné par la formule

$$T = \int p\, ds\, \varepsilon = \int p\, dv \qquad (1).$$

Si l'on désigne par p_0, v_0 la pression et le volume au début,
par p, v » » après le mouvement,

on a $p\,v = p_0\,v_0$ en appliquant la loi de Mariotte.

La formule (1) devient alors $T = \int \frac{p_0\,v_0}{v}\,dv = p_0\,v_0 \int \frac{dv}{v}$

c'est-à-dire $T = p_0\,v_0\left(lg\,v - lg\,v_0\right)$

(2) ou enfin $T = p_0\,v_0\;lg\,\frac{v}{v_0}$

ou bien encore, en appliquant de nouveau la loi de Mariotte,

(3) $T = p_0\,v_0\,lg\,\frac{p_0}{p}$.

Cela posé, considérons, dans le cas qui nous occupe, une canalisation dont nous désignerons le volume par v, une machine aspirante dont le volume du corps de pompe soit V ; enfin désignons par ω le volume total de tous les corps de pompe des récepteurs.

Pour simplifier, supposons que les diverses phases du phénomène aient lieu successivement et examinons-les une à une.

La canalisation v contient de l'air à la pression $\frac{P}{4}$ (P désignant la pression atmosphérique). Admettons l'air par les récepteurs, c'est-à-dire un volume ω à la pression P. (Nous ne tenons pas compte ici de la marche en détente.) Nous mélangeons ainsi deux masses d'air, l'une occupant le volume ω à la pression P, l'autre occupant le volume v à la pression $\frac{P}{4}$, et nous leur faisons occuper le volume v à la pression x, donnée par la formule qui exprime la loi du mélange des gaz, savoir :

$$v\,x = v\frac{P}{4} + \omega\,P$$

(4) d'où $x = \frac{P}{4} + \frac{\omega}{v}\,P$

Aspirons maintenant l'air de la canalisation par un coup de piston de la machine ; cet air, à la pression x dans le volume v, va occuper

le volume $v + V$ en se détendant sous le piston et en produisant un travail qui, d'après la formule (2), s'exprime ainsi :

$$v\ x\ lg \frac{v+V}{v}$$

ou, en remplaçant x par sa valeur tirée de l'équation (4),

$$\left(\frac{P}{4} + \frac{\omega}{v} P\right) v\ lg \frac{v+V}{v} \qquad (5)$$

D'autre part, il y avait, au-dessus du piston, un volume d'air V à la pression $\frac{P}{4}$. Ce volume se contracte, derrière le piston qui s'avance, jusqu'à ce qu'il soit à la pression P. De là, une résistance ou un travail qui, d'après la formule (3) s'exprime ainsi :

$$V \frac{P}{4}\ lg \frac{\frac{P}{4}}{P} = V \frac{P}{4}\ lg \frac{1}{4} = - V \frac{P}{4} lg\ 4. \qquad (6)$$

A partir de ce moment, les soupapes d'aspiration s'ouvrant, le piston chasse l'air du corps de pompe dans l'atmosphère et a simplement à vaincre la pression atmosphérique pendant ce dernier quart de sa course, d'où un travail qui s'exprime ainsi :

$$P \frac{V}{4}. \qquad (7)$$

Au moyen des expressions (5), (6) et (7), l'équation du travail s'établit facilement. Elle est la suivante :

$$T = P \frac{V}{4} + P \frac{V}{4}\ lg\ 4 - \left(\frac{P}{4} + \frac{\omega}{v} P\right) v\ lg \frac{v+V}{v}. \qquad (8)$$

Cette formule semble contenir trois quantités arbitraires v, V, ω; mais, étant admis que la pression à l'intérieur de la canalisation doit être maintenue constante et égale à 1/4 d'atmosphère, il est facile de voir que ω et V sont liés par l'équation $V = 4\,\omega$. (9)

En effet, l'air, occupant le volume v de la canalisation à la pression x, occupe ensuite le volume $V + v$ à la pression $\frac{P}{4}$, ce qui donne, en appliquant la loi de Mariotte, $(v + V)\frac{P}{4} = v\,x$

d'où l'on déduit, en remplaçant x par sa valeur tirée de l'équation (4).

$$\frac{P}{4}\,v + \frac{P}{4}\,V = v\,\frac{P}{4} + \omega P$$

c'est-à-dire $\omega = \frac{V}{4}$, *cqfd.*

Ainsi, étant donné ω, on connaîtra V ; ou inversement.

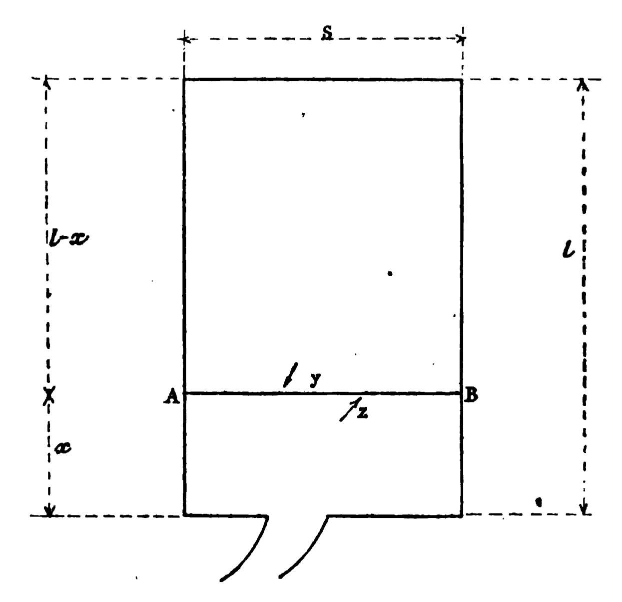
Remplaçons dans la formule (8), ω par $\frac{V}{4}$, nous obtiendrons une formule définitive qui servira de base aux divers calculs qu'on peut se proposer. Cette formule est la suivante :

$$(10) \quad T = \frac{P\,V}{4}(1 + lg\,4) - \frac{P}{4}\,(v + V)\,lg\,\frac{v + V}{v}\,.$$

Cette formule n'est que le cas particulier d'une formule plus générale qu'il est aisé d'établir.

Formule générale du travail.

Soit $\frac{P}{k}$ le degré de vide que l'on veut obtenir dans la canalisation ;



(11) on voit facilement que $V = k\,\omega$.

(12) Posons immédiatement $v = m\,V$.

Considérons le piston de la machine aspirante en un point quelconque de sa course, en A B, par exemple. Soient :

l, la longueur du cylindre, c'est-à-dire de la course totale du piston,

x, le chemin parcouru au moment considéré,

y, la pression au-dessus du piston,

z, la pression au-dessous,

S, la surface du piston.

La force à exercer sur le piston est égale à S $(y-z)$; le travail élémentaire à effectuer est égal à cette quantité multipliée par le déplacement élémentaire dx du piston : le travail total sera l'intégrale du travail élémentaire.

Il faudra considérer deux phases dans le mouvement : la première, dans laquelle la pression y croît de $\frac{P}{k}$ à P ; la deuxième, dans laquelle cette pression reste constante et égale à P ; dans la première, x croîtra de o à $l \frac{k-1}{k}$; dans la seconde, x croîtra de $l \frac{k-1}{k}$ à l.

L'on a alors

$$T = S \int_0^{l\frac{k-1}{k}} (y - z)\, dx + S \int_{l\frac{k-1}{k}}^{l} (P - z)\, dx.$$

Posons $l \frac{k-1}{k} = h$; il vient :

$$\frac{T}{S} = \int_0^h y\, dx - \int_0^h z\, dx + \int_h^l P\, dx - \int_h^l z\, dx$$

$$\frac{T}{S} = \int_0^h y\, dx + \int_h^l P\, dx - \int_h^l z\, dx. \qquad (13)$$

Il y a donc trois intégrales à calculer.

Déterminons tout d'abord y et z.

Pour z on a :

$v \frac{P}{k} + \omega P = (v + S\, x)\, z$. C'est la généralisation de l'équation (4).

et, comme $l S = V$, et $v = m\, V$, ainsi que $\omega = \frac{V}{k}$,

$$m\, V \frac{P}{k} + \frac{V}{k} P = (m\, V + Sx)\, z$$

ou, en divisant par S,

$$m\, l \frac{P}{k} + l \frac{P}{k} = (m\, l + x)\, z$$

(14) d'où l'on tire $$z = \frac{l\, P\, m + 1}{k\, m\, l + x}$$

Pour y, on a : $V \frac{P}{k} = S\,(l - x)\, y$, en appliquant la loi de Mariotte,

d'où $$l \frac{P}{k} = (l - x)\, y,$$

(15) c'est-à-dire $$y = \frac{l\, P}{k\,(l - x)}.$$

Par conséquent l'équation (13) peut s'écrire à l'aide de (14) et (15)

$$\frac{T}{S} = \int_0^h \frac{l\, P}{k\,(l - x)}\, dx + \int_h^l P\, dx - \frac{l\, P}{k}(m + 1)\int_0^l \frac{dx}{m\, l + x}$$

$$\frac{T}{S} = \frac{l\, P}{K}\int_0^h \frac{dx}{l - x} + P\int_h^l dx - \frac{l\, P}{K}(m + 1)\int_0^l \frac{dx}{m\, l + x}.$$

L'intégrale générale du premier terme est $- lg\,(l - x)$

» » second » $+ x$

» » troisième » $+ lg\,(m\, l + x)$.

On a donc :

$$\frac{T}{S} = \frac{l\, P}{k}\left\{ - lg\,(l - h) + lg\, l \right\}$$

$$+ P\,(l - h) - \frac{l\, P}{k}(m + 1)\left\{ lg\,(m\, l + l) - lg\, m\, l \right\}$$

$$\frac{T}{S} = \frac{l\, P}{k}\, lg \frac{l}{l - h} + P\,(l - h) - \frac{l\, P}{k}(m + 1)\, lg \frac{ml + l}{m\, l}$$

et, comme de la valeur de h, on déduit $\frac{l}{l - h} = k$, on a :

$$\frac{T}{S} = \frac{l\, P}{k}\, lg\, k + \frac{P\, l}{k} - \frac{P\, l}{k}(m + 1)\, lg \frac{m + 8}{m}$$

c'est-à-dire enfin, en remplaçant l S par V,

$$T = \frac{VP}{k} lg\, k + \frac{PV}{k} - \frac{PV}{k}(m+5)\ lg\left(\frac{m+5}{m}\right)$$

ou

$$T = \frac{PV}{k}\left\{5 + lg\, k - (m+5)\, lg\frac{m+1}{m}\right\} \qquad (16)$$

Telle est la formule générale. En y faisant $k = 4$, on retrouve la formule (50), applicable à notre cas. On a, en effet, alors :

$$T = \frac{PV}{4}\left\{8 + lg\, 4 - (m+8)\ lg\left(\frac{m+5}{m}\right)\right\}$$

$$= \frac{PV}{4}(8 + lg\, 4) - \frac{PV}{4}\left(8 + \frac{v}{V}\right) lg\left(8 + \frac{V}{v}\right)$$

ou

$$T = \frac{PV}{4}(8 + lg\, 4) - \frac{P}{4}(v + V)\, lg\frac{v+V}{v},$$

qui est bien la formule (80).

Ces formules ainsi établies, on peut se poser diverses questions. Supposons qu'on ait une certaine quantité de moteurs à mettre en marche ; ω est connu, et par suite $V = 4\ \omega$: car c'est là la première conclusion que nous ayons tirée du calcul, ou plutôt de l'application pure et simple de la loi de Mariotte. L'air pénétrant à la pression *un* et étant extrait à la pression *un quart*, la capacité de l'extracteur doit naturellement être quadruple de la capacité du récepteur. On doit donc considérer V comme *connu*, d'après ω; et on a alors un élément v qu'on peut regarder comme variable. A l'aide de cet élément, on peut chercher le maximum ou le minimum de T dans la formule (80).

Le premier terme du second membre est une constante. On aura donc un *maximum* ou un *minimum* suivant que le second terme, qui est à retrancher du premier, sera minimum ou maximum.

Cherchons donc le minimum ou le maximum de :

$(v + V)\ lg\ \frac{v+V}{v}$ ou, ce qui revient au même, de $\left(\frac{v+V}{v}\right)^{v+V}$.

En faisant comme précédemment $v = m$ V, cette expression devient :

$$\left(\frac{m\,V + V}{m\,V}\right)^{m\,V + V}$$

et on n'a plus qu'à chercher le maximum ou le minimum de l'expression suivante : $\left(8 + \frac{8}{m}\right)^{1+m}$, qui peut s'écrire $\left(n + \frac{8}{m}\right)\left(8 + \frac{8}{m}\right)^{m}$ (17)

Prenons la dérivée, et égalons à zéro ; il vient :

$$-\frac{1}{m^2}\left(1+\frac{1}{m}\right)^m+\left(1+\frac{1}{m}\right)m\left(1+\frac{1}{m}\right)^{m-1}lg\left(1+\frac{1}{m}\right)\times\left(-\frac{1}{m^2}\right)=0$$

$$-\frac{1}{m^2}\left(1+\frac{1}{m}\right)^m+m\left(1+\frac{1}{m}\right)^m lg\left(1+\frac{1}{m}\right)\times\left(-\frac{1}{m^2}\right)=0$$

$$\frac{1}{m^2}\left(1+\frac{1}{m}\right)^m\left[-1+m\,lg\left(1+\frac{1}{m}\right)\right]=0$$

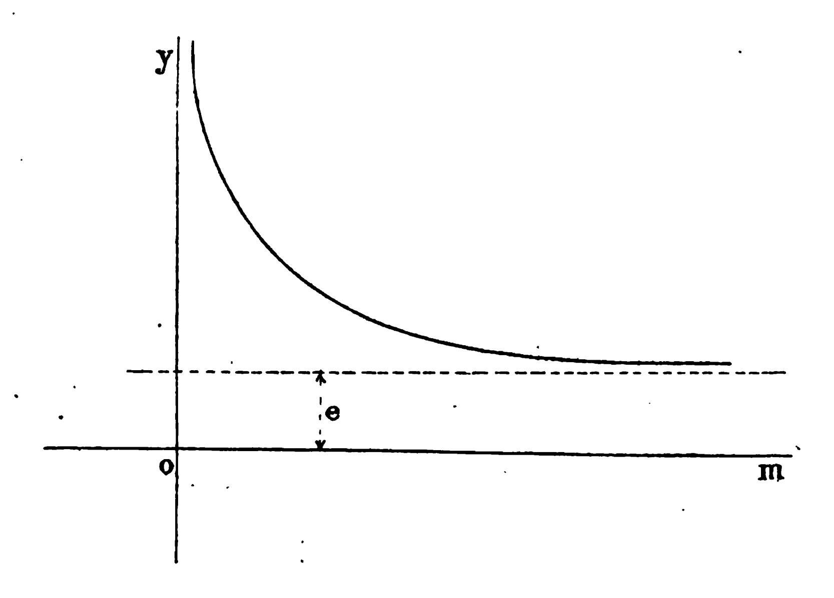
ou

$$-1+m\,lg\left(1+\frac{1}{m}\right)=0$$

ou $lg\left(1+\frac{1}{m}\right)^m=1$, c'est-à-dire $\left(1+\frac{1}{m}\right)^m=e$, base des logarithmes népériens.

La valeur de m qui satisfait à cette équation est $m=\infty$.

Pour distinguer si cette valeur correspond à un maximum ou un minimum, il suffit de remarquer que la dérivée est toujours négative, et par suite que la fonction $y=\left(1+\frac{1}{m}\right)^{1+m}$ va toujours en décroissant.



La courbe qui la représente est d'ailleurs bien simple et montre nettement qu'il n'y a pas de *maximum* pour la fonction, mais un simple *minimum* obtenu pour $m=\infty$.

Ce minimun de la fonction (17), correspond à un maximum de la formule (10), c'est-à-dire du travail T. On conçoit, en effet, que $m = \infty$ signifiant une canalisation de grandeur infinie, le travail soit alors maximum.

Il est évident d'ailleurs qu'en pratique, on ne saurait donner à m une valeur excessive, c'est-à-dire à la canalisation une trop longue étendue ; car il y aurait alors à tenir compte des pertes de charge, des frottements, etc., que l'on a négligés dans le calcul précédent.

De même, on ne saurait, en pratique, admettre une canalisation trop petite, à cause de l'augmentation relative des pertes de charges et de la nécessité d'un réservoir d'air pour régulariser la pression ; et ce réservoir fait nécessairement partie de la canalisation dans les hypothèses que nous avons établies en considérant trois volumes occupés par la masse fluide, ω, v et V. Le volume du réservoir est naturellement compris dans V.

D'ailleurs le calcul lui-même, tel que nous en avons posé les données, montre que m ne saurait avoir de valeurs descendant au-dessous d'une certaine limite encore élevée.

En effet, la fonction (17) n'ayant pas de maximum et ayant des valeurs infinies quand m décroît jusqu'à zéro, il en résulterait que T n'aurait pas de minimum, mais deviendrait *nul* et prendrait des valeurs négatives, ce qui serait absurde.

Mais les conditions mêmes, dans lesquelles nous avons établi les premières équations et posé le problème à résoudre, ne permettent pas, sans contradiction et sans absurdité, qu'on suppose pour m d'autres valeurs, que des valeurs assez grandes, telles que v soit considérable par rapport à V.

En effet, l'on a : $v = m\,V$ et $V = 4\,\omega$,

d'où
$$v = 4\,m\,\omega.$$

Transportons cette valeur de v dans l'équation (4) ; il vient :

$$4\,m\,\omega\,x = 4\,m\,\omega\frac{P}{4} + \omega\,P,$$

ou
$$4\,m\,x = (m+1)\,P,$$

ou
$$x = \frac{P}{4}\left(\frac{m+1}{m}\right)$$

Or x représente la pression dans la canalisation après l'introduction de la masse d'air ω; mais nous supposons, dans la suite du calcul, que cette introduction ne change pas sensiblement cette pression qui doit rester constante et égale à $\frac{P}{4}$, c'est-à-dire qu'en réalité nous supposons que $\frac{m+1}{m}$ tend vers l'unité, c'est-à-dire que m a une valeur assez grande pour que cette fraction soit voisine de l'unité.

Il n'y a donc qu'à conclure que la canalisation doit être relativement la plus vaste possible, ce qu'on obtient à l'aide du réservoir, et que plus elle sera grande, plus les conditions de régularité et de constance dans la pression seront réalisées. Il y a du reste des limites pratiques imposées, comme je l'indiquais plus haut, par les pertes de charges, les frottements, et la vitesse de l'air dans les tuyaux qui ne saurait croître indéfiniment.

Quant au travail d'extraction, il augmente évidemment quand m augmente; mais cette augmentation est largement compensée par les avantages indiqués précédemment. Elle est d'ailleurs très faible, comme on le conçoit aisément en considérant la courbe qui représente la fonction (17), dont le minimum correspond au maximum de T; et ce maximum peut être regardé comme atteint très vite et comme se maintenant constamment, mais comme ayant une valeur peu considérable. Cette valeur est facile à trouver.

Il suffit de faire $v = \infty$ dans la formule (10) et de voir ce que devient le dernier terme.

Ce terme peut s'écrire $-\frac{P}{4} lg \left(\frac{v+V}{v}\right)^{v+V}$

$$-\frac{P}{4} lg \left\{ \left(\frac{v+V}{v}\right)^{v} \times \left(\frac{v+V}{v}\right)^{V} \right\}$$

$$-\frac{P}{4} lg \left\{ \left(1+\frac{V}{v}\right)^{v} \times \left(1+\frac{V}{v}\right)^{V} \right\}$$

C'est-à-dire, en faisant tendre v vers ∞,

$$-\frac{P}{4} lg \left[e^{V} \times 1 \right] = -\frac{P}{4} lg\, e^{V}$$

Ou enfin
$$-\frac{P\,V}{4} lg\, e = -\frac{P\,V}{4}$$

Portant dans la formule (10) cette valeur du second terme, on obtient :

$$T = \frac{P\,V}{4}(1 + lg\ 4) - \frac{P\,V}{4},$$

C'est-à-dire, enfin, $T = \frac{P\,V}{4}\ lg\ 4$ (18)

C'est cette dernière formule, simple et commode, qui est la formule vraiment pratique, s'approchant d'ailleurs de la réalité autant qu'on peut le désirer, comme on doit le comprendre aisément en tenant compte de ce qui a été dit plus haut sur la valeur de *m*, c'est-à-dire sur la capacité considérable de la canalisation par rapport au volume de la pompe aspirante et aussi sur la fonction (17) et sa courbe représentative.

Hâtons-nous de dire que cette formule représente le travail théorique, et que, pratiquement, il faut tenir compte du rendement de la machine aspirante, de celui des récepteurs et des pertes dues au passage de l'air dans la canalisation.

Quoi qu'il en soit, cette formule permet de résoudre théoriquement les questions suivantes :

a) Étant donné une machine aspirante fournissant un travail T, combien de machines réceptrices peut-on mettre en marche ?

b) Étant donné un certain nombre de machines réceptrices, quelle force doit-on donner à la machine aspirante pour les mettre en mouvement ?

Il est bien entendu qu'il s'agit alors de machines réceptrices données, dont le corps de pompe ou le volume du cylindre est connu. Leur force, et le travail qu'elles produisent, est d'ailleurs fonction de la capacité de leur cylindre ou corps de pompe, traversé par l'air atmosphérique.

Le premier problème consiste à tirer la valeur de V de l'équation (18), et on en déduit ω qui est est égal à $\frac{V}{4}$.

Le second consiste à calculer T, connaissant ω, c'est-à-dire V. Supposons, par exemple, que l'on ait une installation ainsi composée :

n_1 moteurs d'une force déterminée correspondante à un volume v_1;
n_2 » » » » » v_2;
n_3 » » » » » v_3;
n_p » » » » » v_p;
on aura alors $\omega = n_1 v_1 + n_2 v_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + n_p v_p$,

ou simplement $\omega = \sum n_k v_k$;

d'où $V = 4 \sum n_k v_k$,

et la formule (18) devient alors $T = Plg\, 4 \sum n_k v_k$

On a ainsi le travail, en admettant que tous les moteurs fonctionnent ensemble. Mais, dans la pratique, le nombre des moteurs en marche varie constamment, suivant le besoin que chaque client a de mettre ou non en mouvement son outil, de le faire aller plus ou moins vite. Il faut donc que T puisse varier dans des limites assez étendues; de là, la nécessité d'un appareil spécial, qui fasse varier le travail de la machine aspirante; de là aussi la confirmation de la nécessité absolue d'un réservoir d'air qui permette de régulariser la pression dans la canalisation, de manière que les variations qu'elle subit, par suite de rentrées d'air plus ou moins considérables, ne soient pas de nature à la faire baisser ou monter trop, ni trop vite.

En pratique, la $\sum n_k v_k$ s'obtient très vite; car il n'y a pas un grand nombre de types de moteurs, et cette somme ω correspond au nombre total de kilogrammètres fournis aux clients. Quand on connaît l'un, on a l'autre immédiatement.

Nous avons adopté provisoirement six types de moteurs, depuis le type de trois kilogrammètres jusqu'à un cheval, nous réservant d'augmenter ou de diminuer ce nombre, si les besoins de la clientèle l'exigent.

Telles sont les considérations théoriques qui ont été le point de départ de nos études, qui nous ont tout de suite donné des indications générales sur l'ensemble des dispositions à adopter, et nous ont servi de guide dans les détails nombreux dont nous avons dû nous préoccuper, comme on le verra dans la suite.

Application de la formule au cas actuel. — Appliquons-les mainte-

nant au cas qui nous occupe, et déterminons la force que doit avoir la machine aspirante de l'installation que nous proposions d'établir.

Cherchons quel est le travail à produire pour opérer l'extraction d'un mètre cube d'air à la pression atmosphérique moyenne :

On aura $\omega = 1^{m3}$, $V = 4^{m3}$.

Prenons la formule $T = \frac{PV}{4} \, lg \, 4.$

Elle se réduit ici à $T = P \, lg \, 4.$

Mais $P = 10\,334$ kg par mètre carré de surface,

et $lg \, 4 = 1{,}4$ environ,

d'où $T = 14\,467$ kilogrammètres,

ou, en chiffres ronds, 14450 kilogrammètres.

Si ce travail doit être fait en une seconde,

il représente $\frac{14\,467}{75}$ ou 193 chevaux-vapeur.

Or, si nous nous reportons au tableau établi pour déterminer les dimensions du cylindre à vent, nous voyons que nous avons à extraire :

426 litres d'air à la pression atmosphérique, dans le cas du maximum qui correspond à 35 chevaux distribués ;

306 litres d'air à la pression atmosphérique, dans le cas de la moyenne, qui correspond à 25 chevaux ;

245 litres d'air à la pression atmosphérique, dans le cas de 20 chevaux.

Dès lors, il faudra une machine qui donne une force moyenne de $193 \times \frac{306}{1000}$ *ou* 59 *chevaux ;*

qui puisse donner un maximum de $193 \times \frac{426}{1000}$ *ou* 82 *chevaux ;*

et descendre jusqu'au chiffre de $193 \times \frac{245}{1000}$ *ou* 46 *chevaux ;*

et, si c'est possible, au minimum de $193 \times \frac{184}{1000}$ *ou* 34 *chevaux.*

Le type de machine Corliss, qui nous était proposé, devait fournir, d'après les constructeurs, une force indiquée de 60 chevaux de 75 kgm, à une pression de 4 kg 1/2, à une admission de vapeur de un cinquième de la course, et à une vitesse de 36 tours par minute.

A cette vitesse de 36 tours correspond précisément, d'après les dimensions du cylindre, une extraction de 300 litres d'air, c'est-à-dire une force distribuée d'à peu près 25 chevaux, notre moyenne adoptée, ce qui exige un travail, qu'on vient de calculer, de 59 chevaux.

Les constructeurs nous assuraient d'ailleurs qu'à la vitesse de 50 tours, on développerait aisément un travail de 80 chevaux.

Nous pouvions donc admettre le type qui nous était proposé; et la machine à vapeur fut établie dans ces conditions. C'est une machine Corliss ordinaire, horizontale, à condensation, pourvue des perfectionnements les plus récents apportés à cette machine, et munie d'un régulateur spécial, dont il a été question précédemment, qui lui a été adapté dans les conditions suivantes :

Régulateur spécial. — On était d'accord de chercher avant tout à obtenir une pression uniforme dans la canalisation et non une vitesse régulière de la machine; car cette dernière condition aurait pour effet de produire des pressions différentes dans les conduites, suivant que les machines réceptrices laisseraient pénétrer plus ou moins d'air. On eut dès lors recours à un système de régulateur donnant d'autant plus ou d'autant moins de vitesse à la machine que la pression augmente ou diminue.

Comme principe, cet appareil est très simple; c'est un régulateur à force centrifuge ordinaire, dont le contrepoids du levier est remplacé par le piston d'un cylindre à air en communication avec la conduite de vide. On comprend facilement que la vitesse du régulateur, variant avec l'action du contrepoids, peut être réglée pour obtenir une pression sensiblement constante. Par une disposition spéciale, le régulateur proprement dit est indépendant de l'appareil à air, tant que le vide n'atteint pas un certain degré, de sorte que la machine peut être mise en route comme une machine ordinaire et prendre une vitesse de régime convenable jusqu'au moment où, le vide normal étant atteint, l'appareil à air agit.

Pour établir les conditions de marche du régulateur d'une façon mathématiquement rigoureuse, il faudrait combiner les différentes vitesses de la machine avec les admissions correspondantes pour des pressions diverses, et déterminer ainsi les différentes positions du régulateur; on arriverait alors à des calculs compliqués qu'il est inutile d'aborder. Il suffit simplement de prouver que les variations de

vitesse sont bien dans le sens nécessité par les variations de pression, et de déterminer quelle est la relation entre la pression et la vitesse, étant donné qu'en pratique on peut toujours corriger l'une ou l'autre, suivant les besoins du travail.

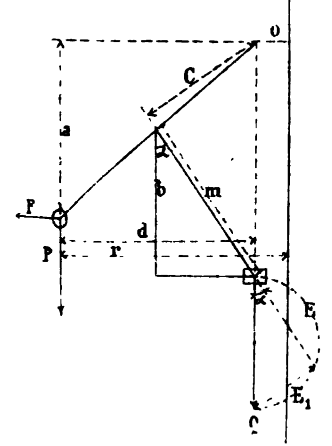
En conséquence, on a seulement établi l'équation du régulateur pour la position de ses branches à 45°, correspondant à la marche normale des machines Corliss.

Dans le cas particulier qui nous occupe, le régulateur est un pendule conique de Watt, dont la longueur verticale des branches à la position moyenne est de 354 m/m.

Le nombre de tours théorique par minute est :

$$n = 60 \sqrt{\frac{0,354}{9,81}} \times 2\pi = 50 \text{ tours } 1/2.$$

En pratique, il donne 53 tours ; il y a donc une action verticale du poids de la douille et des biellettes, qui s'ajoute à l'action de la pesanteur sur les boules, et que nous allons calculer.



Soient : F, la force centrifuge développée par la rotation des boules

Q, l'action verticale de la douille ;

P, le poids des boules, égal à 26 kilogrammes ; et, sur la figure ci-contre,

$a = 328$ m/m

$b = 292$

$c = 130$

$d = 328$

$m = 303$

$r = 354$

Prenons par rapport au point O les moments des forces appliquées au système rigide du régulateur, F, P et Q, qui se décompose en deux autres, l'une passant par le point O et ayant un moment nul, la seconde, qui agit suivant la direction m et qui a pour valeur $E = Q\frac{b}{m}$, puisque $E = Q \cos \alpha$.

Or, l'équation des moments donne $Fa = Pd + Ec$, c'est-à-dire :

$$Fa = Pd + Q\frac{cb}{m}.$$

Mais $$F = m\frac{v^2}{r} = \frac{P}{g}\cdot\frac{v^2}{r} = \frac{P}{g\,r}\cdot\frac{\pi^2 r^2 n^2}{30^2} = \frac{P.\,\pi^2 r n^2}{g.\,900},$$

d'où $$F = \frac{26 \times \overline{3,1416}^2 \times 0.354 \times \overline{53}^2}{900 \times 9,81} = 28^{kg},7.$$

Mais

$$Q = (Fa - Pd)\frac{m}{c\,b} = [28,7 \times 0,328 - 26 \times 0,328]\frac{0,303}{0,292 \times 0,130}$$

$$Q = \frac{2,7 \times 0,328 \times 0,303}{0,292 \times 0,130} = 7^{kg},05.$$

On trouverait de même, pour $n = 46$ tours :

$$F = 21^{kg},6 \text{ et } Q = -11^{kg},45,$$

et pour $n = 30$ tours :

$$F = 9^{kg},2 \text{ et } Q = -43^{kg},90.$$

Nous avons vu que la vitesse normale du pendule conique sans contrepoids serait de 50 tours $^1/_2$; à cette vitesse, $Q = 0$. Or, le régulateur marche, en pratique, à une vitesse de 53 tours ; c'est donc que le poids de la douille et des biellettes équivaut à $7^{kg},05$.

C'est-à-dire que, si on voulait marcher à la vitesse de 50 tours $^1/_2$, il faudrait équilibrer ce poids de $7^{kg},05$ par une force égale agissant de bas en haut.

A 46 tours, Q est négatif, c'est-à-dire que sa direction doit être de bas en haut et contre-balancer une partie du poids des boules. Cette action est égale à $11^{kg},45$; mais, comme on a toujours le poids de la douille et des biellettes à équilibrer, la force verticale ascendante doit être de $\underline{11^{kg},45} + \underline{7^{kg},05} = 18^{kg},50$.

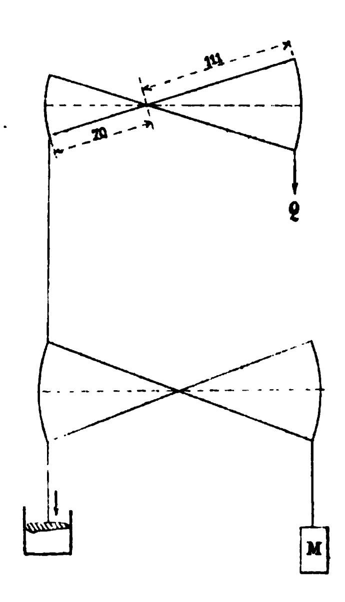
A 30 tours, la force verticale ascendante doit être :

$$\underline{43^{kg},90} + \underline{7^{kg},05} = 50^{kg},95.$$

Cela posé, si l'on veut que la vitesse diminue quand le vide augmente, il suffit de faire produire à l'augmentation de vide une diminution du poids Q.

Pour arriver à ce résultat d'une façon pratique, le piston à air est fixé à l'extrémité d'un levier dont l'autre extrémité est reliée à la tringle partant de la douille du régulateur. Quand le vide est sous

le piston, la pression atmosphérique tend naturellement à diminuer le poids Q et à réduire la vitesse du régulateur. Un contrepoids M équilibre l'action du vide jusqu'au moment où celui-ci doit agir sur le régulateur. Dans notre cas, le diamètre du piston à air est 250 m/m; le



rapport des bras de levier, 70 m/m à 111 m/m; le vide correspondant à 46 tours, $0^{kg},6$.

La pression sur le piston est donc :

$$\frac{3,1416 \times \overline{25\ ^c/_m}^2}{4} \times 0^{kg},6 = 295 \text{ kilogrammes.}$$

Son action sur le régulateur devant être :

$$18,50 \times \frac{111}{70} = 29^{kg},3,$$

le contrepoids M sera :

$$295 - 29^{kg},3 = 265^{kg},7.$$

A 30 tours, l'action du vide sur le régulateur est :

$$50,95 \times \frac{111}{70} = 80^{kg},8.$$

Mais alors la pression sur le piston doit équilibrer le contrepoids et cette action, c'est-à-dire qu'elle est égale à :

$$265^{kg},7 + 80^{kg},8 = 346^{kg},5.$$

Par suite la pression par $\overline{^c/_m}^2$, et par conséquent le vide sera :

$$346,5 : \frac{3,1416 \times 25^2}{4} = 0^{kg},705.$$

Ainsi, pour une variation de vitesse de 46 tours à 30 tours du régulateur, le vide varie de $0^{kg},60$ à $0^{kg},70$, soit une différence de $0^{kg},1$ dans les limites extrêmes.

Le contrepoids équilibrant l'action du piston est lui-même variable, car il est réuni à un ressort dont on peut régler la tension pour faire varier son action ; il s'ensuit que, lorsqu'un régime de dépense est établi, on peut à volonté régler la pression au degré voulu, qui sert alors de moyenne invariable.

On comprend qu'on peut faire varier, de beaucoup de manières, la disposition de cet appareil et ses moyens d'action, ainsi que le coefficient de régularité de pression qu'on désire obtenir.

Massif de la machine aspirante. — La machine à vapeur proprement dite et le cylindre à air forment un ensemble dont toutes les parties sont reliées entre elles.

Cet ensemble est établi sur un massif mi-partie en maçonnerie de brique hourdée en ciment, mi-partie en pierres de roche de Lérouville (pl. 92, fig. 2 et 3). Pour asseoir le massif sur un fond solide, comme le bon sol se trouvait à une grande profondeur, on a creusé, à l'avant et au centre, deux puits de 1 mètre de diamètre, qu'on a foncés jusqu'au terrain solide ; et on les a comblés en béton. A l'arrière, on s'est appuyé sur un mur très épais, formant la paroi d'une fosse d'aisance, et dont les fondations descendent jusqu'au bon sol ; on a même encore augmenté l'épaisseur de ce mur.

De cette manière, on avait trois bases larges et solides ; on les relia entre elles par de bonnes voûtes en maçonnerie et, sur le tout, on établit le fond du massif, c'est-à-dire un lit de béton de $0^m,30$ d'épaisseur, répandu sur toute la surface. Le fond ainsi préparé fut recouvert par un pavage de deux briques de champ. Puis l'on traça l'assise des niches et l'on éleva la maçonnerie des massifs, en posant successivement les

pierres, le tout conformément aux plans dressés par le constructeur. On peut espérer qu'en procédant de cette façon on a donné à l'ensemble de la machine aspirante une bonne et forte assise, nécessaire pour assurer sa marche régulière et éviter les vibrations et trépidations qui seraient de nature à occasionner de graves inconvénients.

Générateur à vapeur. — Pour terminer la description des installations dont se compose l'usine centrale proprement dite, il nous reste à dire quelques mots :

Du *générateur à vapeur ;*

Du *puits*, qui fournit l'eau nécessaire à l'alimentation ;

De la *cheminée.*

La chaudière employée est du système semi-tubulaire, à bouilleurs, timbrée à 6 kilogrammes ; elle est alimentée par une pompe mue par le balancier de la pompe à air du condenseur, à l'opposé de la pompe d'injection du cylindre à air.

Nous avions songé tout d'abord, craignant des difficultés administratives, à avoir recours à des chaudières dites inexplosibles ; mais la plupart des constructeurs, en nous adressant leurs devis, y avaient joint un projet d'installation de générateur ; et tous avaient insisté sur l'emploi de chaudières ordinaires, plus susceptibles de fournir un réservoir de vapeur, que nous considérions comme fort utile et presque nécessaire, étant donné les variations que doit subir la vitesse de la machine.

Il nous fallut donc trouver le moyen d'établir dans la cour vitrée E des appareils à vapeur susceptibles d'alimenter les quatre machines, que la salle des machines F pourrait contenir un jour, en nous conformant aux règlements administratifs.

Notre constructeur, sur notre demande, nous fournit les dessins d'une chaudière du type adopté, capable d'alimenter deux machines de 70 chevaux environ, et nous arrivâmes, après bien des tâtonnements, à dresser un projet d'installation conforme aux règlements, et qui fut adopté avec de légères modifications faciles à réaliser.

Nous avons dû enterrer nos chaudières de manière que leur partie supérieure fût à 1 mètre en contre-bas du sol voisin ; et, pour y arriver, il a fallu faire une fouille de plus de 6 mètres de profondeur. Mais à cette profondeur, on se trouvait sur le bon sol et l'on n'avait pas besoin, comme on l'avait fait pour le massif de la machine, de recourir à des puits comblés en béton.

On a donc simplement établi tout le massif du générateur et le carrelage de la salle de chauffe, devant la chaudière, sur le terrain solide, après y avoir étendu un lit de béton de $0^m,30$ d'épaisseur.

Nous avons dû aussi construire un mur de défense dont l'épaisseur est de 1 mètre en couronne et de $1^m,60$ environ à la base ; et laisser entre ce mur de défense et le mur voisin un espace libre de 30 centimètres.

La figure 2 de la planche 92, qui est une coupe transversale, représente la disposition adoptée, et montre qu'à côté du premier générateur se trouve l'emplacement nécessaire pour en installer un second avec ses accessoires.

Le générateur a 140 mètres de surface de chauffe, il est composé d'un corps cylindrique supérieur de $1^m,800$ de diamètre, et $4^m,600$ de longueur; de deux tubes bouilleurs inférieurs de $0^m,700$ de diamètre et de $5^m,200$ de longueur, et d'un dôme de prise de vapeur rivé à la chaudière et dont les dimensions sont : diamètre $0^m,800$, hauteur $0^m,700$. L'appareil sort des ateliers de la maison Meunier et Cie, à Fives-Lille.

Sur le plan d'ensemble, on a figuré la chaudière actuellement en pression et celle qu'on se propose d'installer plus tard. Mais la fouille n'a été faite que pour la première et pour la salle de chauffe correspondante. Cette salle de chauffe est suffisamment grande pour les besoins du service, bien qu'une partie de l'emplacement libre, entre la chaudière et le mur, soit occupé par la base de la cheminée.

Elle communique directement avec les caves, situées sous les bureaux D, au moyen d'un petit tunnel, large de 1 mètre et long de 4 mètres, qui est représenté en traits pointillés sur le plan d'ensemble (pl. 92, fig. 1), et qui est creusé dans la masse de terre qui disparaîtra pour laisser libre le devant de la seconde chaudière. On aura alors une seule et même salle de chauffe, pour les deux générateurs, salle qui sera contiguë aux caves servant de magasin pour le combustible. Aujourd'hui le sol du petit tunnel est incliné, et couvert d'une plaque de tôle lisse, sur laquelle le charbon glisse tout seul des caves D au pied même de la chaudière.

Le combustible arrive ainsi du dehors à la chaudière sans avoir, pour ainsi dire, pénétré dans le local à proximité des machines, ce qui était important pour éviter les ennuis dus à la poussière.

Cheminée. — La cheminée est en tôle, et montée sur une base en

maçonnerie qui est assise sur le sol de la salle de chauffe, en K. Elle est suffisante pour le tirage du foyer de la chaudière de 140 mètres carrés marchant à pleine pression et donnant son maximum de vapeur, c'est-à-dire la quantité nécessaire pour alimenter deux machines de 70 chevaux. On aura à en installer une seconde lors du montage de la seconde chaudière.

On avait songé à installer tout de suite une cheminée suffisante pour deux chaudières : mais, soit qu'on eût choisi alors la brique ou la tôle, on aurait été amené à un diamètre de 1^m,10 au sommet, et à une base carrée de 3 mètres de côté environ. Cette base, qu'il eût fallu placer dans l'axe de la cour, aurait occupé une telle étendue du petit emplacement laissé libre pour la salle de chauffe, qu'elle eût rendu impossible la sortie des tubes des chaudières.

On a donc dû se résoudre à établir la cheminée pour un seul générateur; et on a placé sa base dans l'axe même de la chaudière, de telle sorte que la seconde cheminée et la seconde chaudière, quand on les installera, seront situées d'une façon exactement symétrique aux premières par rapport à l'axe de la cour. On a dû, dans ce cas encore, recourir à un artifice pour permettre la sortie des tubes de la chaudière.

En effet, les tubes ayant 4^m,50 de longueur, comme la distance entre la face d'avant de la chaudière et la paroi sud de la cour n'est que de 4^m,70 environ, si l'on faisait occuper 1 mètre de cet espace par la cheminée en tôle, il n'y avait plus possibilité de sortir les tubes.

Comme il se trouve justement que la base en maçonnerie de la cheminée s'élève à la hauteur du corps supérieur de la chaudière, au lieu d'établir immédiatement sur cette base les tôles cylindriques, on a imaginé de placer, sur la base en maçonnerie, une seconde base en tôle portée par une plaque en fonte. Cette seconde base, ou socle, est en tôle forte de 12 millimètres, maintenue par des cornières. Elle a la forme d'une boîte rectangulaire dont la face d'avant est mobile; c'est une porte avec couvre-joints, poignées et boulons, qu'on peut enlever lors du nettoyage du générateur, et les tubes de ce dernier sortent facilement en pénétrant dans le socle alors ouvert. — La figure 4 de la planche 92 figure cette disposition.

C'est sur ce socle rectangulaire que s'élève la cheminée cylindrique en tôle, constituée par cinq tronçons de 5^m,80 de longueur (pl. 92, fig. 5): les deux premiers, en tôle de 6 millimètres, le troisième en tôle de 5 millimètres, le quatrième en tôle de 4 millimètres et le cinquième en tôle de

3 millimètres. L'ensemble est maintenu par dix haubans en câble métallique galvanisé, avec tendeur. La cheminée porte une poulie et chaînette en fer galvanisé. La conduite de fumée passe sous le mur de protection, longe un des côtés de la salle de chauffe, et aboutit à la base de la cheminée par le côté ouest, comme l'indiquent les fig. 1 et 3 de la pl. 92.

On a ainsi une cheminée d'une hauteur totale de 33 mètres et dont le tirage est très bon. Actuellement il est même beaucoup trop fort pour les besoins et l'on marche à registre très peu ouvert.

De même on se trouve aujourd'hui, pour la consommation du combustible et la conduite du foyer, dans des conditions très défavorables. On a, en effet, à chauffer une masse d'eau considérable et on ne doit produire que le sixième ou le huitième environ de la quantité de vapeur qu'on produira en pleine et entière puissance. Pour diminuer, autant que possible, l'effet de ces conditions défavorables, on a réduit artificiellement de plus du tiers la surface de la grille du foyer, en y plaçant des briques réfractaires sur toute la largeur et sur une profondeur de $0^m,66$ à partir de l'autel, et aussi sur une largeur de $0^m,22$ entre les deux portes, depuis la paroi d'avant jusqu'au fond. On a constaté, après avoir pris ces mesures, une diminution notable dans la consommation du combustible.

Puits. — Pour l'eau de la chaudière, elle lui est fournie par un puits qu'on a creusé dans le fond de la salle des machines en P_1. On l'a foncé en prévision du service de deux machines : quand on montera la troisième et la quatrième machine, ainsi que le second générateur et la seconde cheminée, on aura à foncer un second puits en P_2, (fig. 1 et 3, pl. 92).

Le puits est maçonné et a un diamètre de $1^m,25$ jusqu'à la rencontre du niveau d'eau, vers 8 mètres du sol. La maçonnerie est de $0^m,25$ d'épaisseur, en meulières et s'appuie sur un solide rouet en chêne.

Le puits se prolonge ensuite par un forage de 14 mètres de profondeur, ce qui porte la profondeur totale à 22 mètres environ. Ce forage a reçu deux colonnes de tubes croisant entre elles d'une quantité suffisante ; la première de ces colonnes a 415 millimètres de diamètre; la deuxième 355.

La pompe à eau installée dans le puits a un diamètre de 250 millimètres et une course de 700 millimètres; le tuyau d'aspiration a une longueur de 8 mètres et celui de refoulement a une longueur de 11 mètres; l'eau puisée est reçue dans une bâche en tôle, de 2 mètres

cubes de capacité, placée dans le massif de la machine. Dans la bâche plonge un tube conduisant l'eau au condenseur à vapeur, et c'est de ce dernier que part la conduite d'alimentation de la chaudière. C'est aussi dans cette bâche que les tuyaux d'injection du cylindre à air ont leur prise. Une seconde bâche en tôle, de même capacité, reçoit les eaux de condensation et le trop plein de la première, quand il s'en produit. De là, les eaux de condensation sont envoyées à l'égout par une conduite en fonte de 200 millimètres de diamètre, passant sous le sol du local et de la cour de l'usine, comme l'indique la pl. 93 (fig. 1 et 2.)

Pompe. — La pompe est suffisante pour le service de deux machines; afin de ne pas élever l'eau inutilement tant qu'il ne fonctionne qu'une seule machine, on a imaginé de diminuer la course du piston au moyen de la disposition suivante : le plateau, sur lequel est fixée la partie supérieure de la bielle qui manœuvre la pompe, porte deux points d'attache, avec boulons, situés à des distances différentes du centre. On se sert actuellement de l'attache la plus rapprochée du centre, qui ne correspond qu'à une course partielle du piston dans le corps de pompe.

L'eau fournie est celle de la nappe du sous-sol parisien. Elle est chargée de sels : aussi devra-t-on surveiller avec soin le côté de l'exploitation.

L'analyse de cette eau a donné, pour un litre, 2 gr. 304 de sels, se décomposant ainsi :

Sulfate de chaux, 731	acide sulfurique.	301
	Chaux.	430
Sulfate de magnésie, 615. . . .	Acide sulfurique.	205
	Magnésie	410
Chlorure de calcium, de sodium et de magnésie combinés. .		608
Acide carbonique.		350

plus, des matières organiques constatées mais non dosées. L'excès d'acide carbonique rend les sels calcaires solubles.

Le chiffre de 2 gr. 304 correspond à une forte proportion de sels; de plus, ce sont des sulfates de magnésie et de chaux, qui produisent des dépôts adhérents; il y a donc nécessité absolue de lutter contre les incrustations. On peut opérer de deux façons; soit purifier l'eau du puits avant son entrée dans la chaudière; soit rendre le dépôt intérieur moins dur et plus facilement enlevable.

La première méthode exigeant des installations qui occupent beaucoup de place, nous avons préféré essayer tout d'abord la seconde. A cet effet, nous introduisons dans la chaudière une quantité de carbonate de soude calculée d'après la quantité d'eau qui pénètre dans le générateur : il se forme du sulfate de soude soluble, et du carbonate double de chaux et de magnésie qui, lui, se précipite, mais forme un dépôt moins adhérent que les sulfates, et qu'on enlève facilement par des extractions.

Nous ne renonçons pas d'ailleurs, pour le moment où nous consommerons plus d'eau, à essayer des épurateurs spéciaux, pourvu qu'ils ne soient pas encombrants et ne forment pas, comme cela arrive souvent, une seconde machine à côté du moteur à vapeur.

Nous vidons notre chaudière tous les 40 ou 50 jours et la nettoyons alors complètement. Mais nous ne laissons pas s'accumuler les dépôts pendant une aussi longue période ; nous les enlevons, à mesure qu'ils se forment, au moyen d'extractions méthodiques opérées conformément aux instructions contenues dans le septième bulletin de l'*Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur*, dont notre Société fait partie.

Le travail du puits a été exécuté par M. Bécot, entrepreneur de sondages, à Paris-Vaugirard. Les travaux des massifs, pour le générateur et la machine, ainsi que le montage de la cheminée, ont été exécutés par M. Haillot, entrepreneur, à Paris.

Canalisation.

Sous ce titre générique de canalisation, nous décrirons tous les appareils qui laissent passer le fluide depuis sa sortie des machines réceptrices jusqu'à son entrée dans le cylindre aspirant.

Conduite générale d'aspiration. — Les clapets d'aspiration sont placés à la partie supérieure du cylindre à vent et aspirent directement l'air dans une large conduite en fonte deux fois recourbée qui surplombe le cylindre à vent. Sur cette conduite est fixée la valve d'isolement, qui est destinée à fermer la communication entre le cylindre et la canalisation, quand, la première machine ne fonctionnant pas, les autres seront en marche.

Cette valve est construite sur le même type que les valves des conduites principales de la canalisation, dont il est question ci-après.

Réservoir. — La conduite aboutit au réservoir cylindrique R_1, dont les dimensions sont les suivantes :

Diamètre : $1^m,25$,
Hauteur : $3^m,50$.

Nous avons établi, dans les considérations théoriques exposées précédemment, l'utilité et la nécessité de réservoirs d'air d'une capacité aussi grande que possible.

La capacité du réservoir R_1 est suffisante pour la marche à pleine puissance de la machine de 80 chevaux et même plus. Quand on installera les autres machines, on établira d'autres réservoirs R_2, R_3, etc., dans la partie nord de la salle des machines F_1 qui reste aujourd'hui inoccupée entre la première machine et le mur de clôture du local. (Voir la pl. 92, fig. 1.)

Le réservoir R_1 est en tôle de fer d'une épaisseur de 6 $^m/_m$. Les fonds sont plats ; ils sont consolidés à l'intérieur par de fortes armatures en fer, pour résister à la pression qui s'exerce du dehors en dedans.

Le réservoir porte plusieurs amorces, savoir :

1° Pour la canalisation ;

2° Pour un robinet d'entrée d'air, destiné à régler la quantité du fluide qu'il y a à laisser pénétrer pour la commodité de la mise en marche ;

3° Pour la conduite générale allant aux machines aspirantes ;

4° Pour le fonctionnement du régulateur spécial ;

5° Pour établir la communication avec les autres réservoirs.

Canalisation proprement dite. — La canalisation d'air raréfié, partant du réservoir, traverse la cour vitrée ou salle des générateurs sous le sol : elle est à air libre dans la partie ouest de la salle A, et y reçoit la maîtresse-valve, qui commande toute la canalisation, et que nous décrirons plus loin. (Voir pl. 93, fig. 1 et 2.)

Elle rentre sous le sol dans la partie est de la salle A, et se poursuit en tranchée jusqu'à l'égout de la rue Beaubourg.

Le diamètre intérieur de cette conduite en fonte, depuis le réservoir jusqu'au sortir du local, est de 25 centimètres ; à partir de ce point jusqu'à l'égout, ce diamètre n'est plus que de 20 centimètres.

Dans l'égout, la canalisation est composée de tuyaux en fonte de 3 mètres de longueur et de diamètres différents, qui diminuent à mesure qu'on s'éloigne de l'usine.

Elle se dirige vers le nord, et se poursuit en tuyaux de $0^m,20$ de diamètre jusqu'à l'angle des rues Beaubourg, Grenier-Saint-Lazare et Michel-le-Comte.

A partir de ce carrefour, elle se continue en tuyaux de $0^m,10$ dans l'égout de la rue Beaubourg.

Puis elle étend deux rameaux. L'un à droite, en tuyaux de $0^m,150$, dans l'égout de la rue Michel-le-Comte, l'autre à gauche, en tuyaux de $0^m,150$, dans l'égout de la rue Grenier-Saint-Lazare.

Pour passer d'un diamètre à un autre, on se sert de pièces spéciales appelées *pièces de réduction* dont l'une des extrémités porte le diamètre fort et l'autre le diamètre faible.

L'épaisseur des tubes varie de 6 à 10 $^m/_m$ suivant le diamètre employé.

Les joints sont recouverts par une bague, et l'étanchéité est obtenue au moyen de plomb coulé et matté après refroidissement.

La prise en égout, la pénétration dans les immeubles et les logements des particuliers, se font exactement comme pour l'eau et le gaz.

La fourniture et la pose de ces conduites ont été faites par la maison Fortin, Hermann et Cie, dont l'expérience, pour ces sortes de travaux, est universellement reconnue.

Les colonnes montantes sont en plomb, de diamètres différents, suivant le nombre des moteurs qui doivent avoir sur elles une prise de force. Nous les plaçons, autant que possible, à l'extérieur, afin qu'elles soient moins exposées aux accidents, et afin de permettre, en ce cas, une réparation plus facile et plus prompte.

Chaque colonne montante est munie d'une valve-robinet à l'aide de laquelle on peut ouvrir ou fermer la communication avec la conduite principale, au moyen de clefs à cliquet qui restent à l'usine.

Les branchements particuliers et les conduites intérieures aux appartements sont aussi formés par des tubes en plomb d'un diamètre moindre ; ils sont munis d'un robinet spécial à chaque client, et accessible seulement aux agents de la compagnie, qui en conservent les clefs.

Installée dans ces conditions, la canalisation n'est pas soumise à des variations de température qui occasionneraient des allongements ou

des raccourcissements donnant naissance à quelques inconvénients. Toutes ses parties sont facilement accessibles : la pose, la surveillance et les réparations éventuelles peuvent se faire dans de bonnes conditions.

Le passage en égout donne ainsi des facilités à l'établissement des conduites ; mais quand les égouts font défaut, on peut établir des tuyaux en tranchées, comme on l'a fait dans la cour de l'usine de la rue Beaubourg.

Comme on peut bien le penser, même à l'époque des grands froids, il ne se condense jamais d'eau dans la canalisation pendant que la machine est en charge. S'il s'en condensait pendant le repos, elle serait bientôt vaporisée, dès que la machine aspirante aurait fonctionné quelque temps, et rejetée avec l'air aspiré puis refoulé au dehors par les clapets d'échappement. Une expérience a même été faite, lors des essais tentés au boulevard Voltaire, qui a démontré nettement cette vaporisation. Sur le trajet d'un tube, dans lequel circulait l'air provenant d'une petite machine de 5 kilogrammètres, on avait placé un petit flacon rempli d'eau. On constata qu'elle se réduisait en vapeur à raison d'un gramme environ par minute.

C'est le contraire qui a lieu dans les conduites d'air comprimé ; il s'y produit une condensation importante de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

Si l'on veut prévenir le cas où, dans la pratique, un accident imprévu atteindrait un point quelconque de la canalisation déjà assez étendue, et pourrait ainsi entraver plus ou moins sérieusement le service de la transmission, on n'aura qu'à adopter la disposition suivante pour obvier à tout inconvénient. Après que deux ou plusieurs branches mères se seront séparées du tronc principal qui leur aura donné naissance, elles se réuniront de nouveau avant de se subdiviser encore ; l'ensemble aura ainsi l'aspect d'un filet ; et, en cas d'accident en un point quelconque, ce point pourra être immédiatement isolé, au moyen de robinets ou de vannes spéciales, placées de distance en distance sur la canalisation ; le travail ne sera ainsi interrompu qu'à l'endroit avarié et pour un temps relativement court, celui qui sera nécessaire pour remplacer un tronçon de tube ou assurer un joint, opération assez rapide.

La canalisation ne saurait d'ailleurs avoir une étendue trop considérable, ainsi qu'on l'a établi dans l'exposé des considérations théoriques

préliminaires. La vitesse de l'air dans les tuyaux ne peut, en effet, augmenter indéfiniment, et les pertes de charge totales qui sont proportionnelles à la longueur des conduites, deviendraient beaucoup trop fortes. Le calcul de ces pertes de charge montre qu'on se heurterait bientôt à des impossibilités, et donne en outre des indications qui ont leur importance sur le diamètre qu'il est bon d'adopter pour les conduites d'air.

Calcul des pertes de charge. — Quelle formule accepter pour le calcul de ces pertes de charge? Pouvait-on appliquer ici, sauf à tenir compte de la densité plus faible, les formules trouvées déjà dans le cas de l'air comprimé ? Pour résoudre cette question, des expériences furent faites au boulevard Voltaire, en se plaçant autant que possible dans les conditions de la pratique industrielle. On se servit de tubes des divers calibres fournis par le commerce, en y laissant subsister toutes leurs imperfections, rugosités, déformations, etc., mais en assurant les joints contre les fuites. On fit alors circuler dans l'intérieur de ces tubes de l'air raréfié à la pression d'un quart d'atmosphère et avec des vitesses diverses, mesurées par la durée du passage d'un volume connu à travers un certain diamètre.

On trouva de la sorte que la perte est proportionnelle à la longueur du tube, au carré de la vitesse de l'air et inversement proportionnelle à la quatrième puissance du diamètre. Ces rapports étaient les mêmes que ceux déterminés depuis longtemps par les travaux des savants physiciens et des expérimentateurs habiles qui se sont occupés de la question, tels que Babinet, Regnault, Arago, Stockalper, etc.

Il restait à choisir entre les diverses formules, proposées pour exprimer ces rapports, celle qui nous paraîtrait la plus simple et la plus commode dans la pratique. Nous nous en sommes tenu à la formule donnée par Stockalper, qui est :

$$J = \alpha Q^2 \delta$$

dans laquelle : J représente la perte de charge par mètre courant, exprimée par une hauteur d'eau, en mètres ;

Q représente le volume écoulé par seconde, exprimé en mètres cubes ;

δ est le poids du mètre cube d'air (densité de l'air dans la conduite) ;

α est un coefficient dont les valeurs ont été calculées

pour des diamètres variant de centimètre en centimètre. Nous reproduisons ci-dessous les valeurs de α, pour les conduites de diamètre inférieur à 28 centimètres.

On peut voir ainsi comme ce coefficient augmente rapidement à mesure que le diamètre du tube décroît. Il est en effet inversement proportionnel à la quatrième puissance de ce diamètre. On pourrait donc craindre, à première vue, qu'il ne se produisît des pertes de charge énormes dans les colonnes montantes et les branchements particuliers dont les diamètres sont forts petits, de cinq, quatre, trois et même deux centimètres. Mais il faut aussi ne pas perdre de vue que chacun de ces tuyaux ne laisse passer l'air que d'une, deux, trois ou quatre petites machines réceptrices. Or, les moteurs d'un cheval (et c'est le type correspondant à la force maximum) ne laissent guère pénétrer dans la canalisation plus d'une dizaine de litres d'air par seconde ; dès lors, le volume Q, que la formule précédente renferme à la seconde puissance, est exprimé par une fraction telle que $\frac{1}{100}, \frac{1}{200}, \frac{1}{300}, \frac{1}{500}, \frac{1}{1000}$.

Sa seconde puissance est alors exprimée par une fraction telle que

$$\frac{1}{10000}, \frac{1}{40000}, \frac{1}{90000}, \frac{1}{250000}, \frac{1}{1\,000\,000}.$$

Ces chiffres viennent, par suite, compenser les valeurs trop grandes du coefficient α, dont voici le tableau.

DIAMÈTRES DE TUBES	VALEUR DE α	DIAMÈTRES DE TUBES	VALEUR DE α
mètres		mètres	
0,01	58.395.000	0,15	25
0,02	1.169.250	0,16	18
0,03	125.155	0,17	13
0,04	26.280	0,18	9,9
0,05	7.937	0,19	7,5
0,06	3.010	0,20	5,7
0,07	1.333	0,21	4,5
0,08	660	0,22	3,5
0,09	356	0,23	2,8
0,10	206	0,24	2,2
0,11	125	0,25	1,8
0,12	80	0,26	1,5
0,13	52	0,27	1,2
0,14	36	0,28	1,04

Ces valeurs ont été déduites d'un grand nombre d'expériences que Stockalper a répétées en faisant varier la longueur, le diamètre et la nature des conduites, ainsi que la température, la pression et la vitesse d'écoulement du fluide, et le fluide lui-même.

La même formule s'applique à l'eau et à l'air, et Stockalper a énoncé ainsi ce résultat :

Pour calculer les pertes de charge d'une distribution d'air, il suffit de supposer que c'est une distribution d'eau faite à la même vitesse, et de réduire la perte de charge trouvée pour l'eau dans le rapport des densités de l'air utilisé et de l'eau.

On ajoute qu'il est bon de doubler α dans l'application pratique.

C'est en partant de ces données que nous avons adopté les diamètres de 250 et 200^{mm} au départ de la canalisation, sur un parcours de plus de 100 mètres, et jusqu'au point où elle se divise en plusieurs rameaux, dans la prévision que ce premier tronçon servirait au passage de l'air, même après l'établissement des trois machines qui doivent venir se placer à côté de la première.

On peut aisément se rendre compte que, dans ces conditions, la perte n'est que de 2 à 3 pour 100.

En effet, nous verrons plus loin qu'un mètre cube d'air introduit, dans la canalisation, par une machine réceptrice supposée parfaite, produit un travail de 13 530 kilogrammètres, c'est-à-dire en une seconde 180 chevaux. Si l'on admet que le rendement organique est de 60 pour 100, comme cela a lieu à peu près dans la pratique, l'entrée d'un mètre cube fournit $\frac{180 \times 60}{100}$, c'est-à-dire 108 chevaux.

Quand les quatre machines de l'usine centrale fonctionneront, elles alimenteront une distribution totale d'environ 160 chevaux, qui correspondra à une entrée d'air d'*un mètre cube et demi* par seconde.

Dans la formule $J = \alpha Q^2 \delta$, on a donc $Q = 1{,}5$, d'où $Q^2 = 2{,}25$, et $\delta = \frac{1}{1000} \times \frac{1}{4}$, la pression étant d'un quart d'atmosphère dans les conduites.

Quant à α, pour le diamètre de 250, il est égal à 1,8
et, — 200 — 5,7

Les valeurs à introduire dans le calcul sont donc, puisqu'il convient de doubler ce coefficient, 3,6 et 11,4.

Nous avons, en réalité, 50 mètres environ de conduites de 250^{mm}, et

50 mètres environ de conduites de 200^{mm}. Admettons que sur tout ce parcours de 100 mètres le volume Q soit de un mètre cube et demi, bien qu'il soit certainement moindre à partir déjà du vingtième ou trentième mètre.

On aura pour le tube de 250^{mm} la perte suivante :

$$J = 3,6 \times 2,25 \times \frac{1}{4000} = \frac{8,1}{4000} = \frac{8}{4000} = \frac{1}{500}$$

et pour cinquante mètres :

$J_{50} = \frac{50}{500} = \frac{1}{10} = 0,1 = 0^m,10$ d'eau, c'est-à-dire environ $\frac{1}{100}$ d'atmosphère, et, comme on fait le vide à 75 pour 100, la perte est :

$$\frac{1}{100} \times \frac{4}{3} = \frac{1,33}{100} \text{ ou de } 1,3 \text{ pour } 100.$$

Pour le tube de 200^{mm} on a de même :

$$J = 11,4 \times 2,25 \times \frac{1}{4000} = \frac{25,65}{4000} = \frac{25}{4000} = \frac{1}{160}$$

et pour cinquante mètres :

$J_{50} = \frac{50}{160} = \frac{5}{16} = 0^m,312 = 0^m,30$ d'eau, ou $\frac{3}{100}$ d'atmosphère, c'est-à-dire une perte de $\frac{3}{100} \times \frac{4}{3}$ ou de 4 pour 100.

En somme, on peut donc se servir de toute cette conduite pour la distribution totale, sans que la perte de charge dépasse 2 à 3 pour 100.

Quant aux pertes de charge qui se produiront dans les rameaux divers de la canalisation dont les diamètres de tube sont de 150^{mm} et 100^{mm}, on peut considérer deux tronçons composés chacun d'une longueur de 100 mètres et laissant passer l'un et l'autre un demi-mètre cube d'air.

On a alors pour chacun la perte suivante :

$Q = \frac{1}{2}$, $Q^2 = 1/4$; $\alpha = 52$ pour le diamètre de 150, et l'on prend $\alpha = 50$.

donc :

$$J = \frac{50}{4000} \times \frac{1}{4} = \frac{5}{1600} = \frac{1}{320}$$

et pour cent mètres :

$\frac{J}{100} = \frac{10}{32} = \frac{5}{8} = 0^{m},30$ d'eau ; c'est-à-dire 3/100 d'atmosphère, et par conséquent une perte de $\frac{3}{100} \times \frac{4}{3}$ ou 4 pour 100 environ.

On se trouve donc, en général, dans des conditions telles que la perte, due au passage du fluide dans la canalisation, ne dépasse pas 4 à 5 pour 100.

L'application de la même formule montre qu'on ne peut étendre au loin une distribution très considérable, ni donner, dans ce cas, à la canalisation, avec des diamètres de 150^{mm} et de 100^{mm}, une longueur de plus de 4 à 500 mètres. Sinon on aurait affaire à des pertes de charge qui augmenteraient beaucoup trop la dépense de production de force, et occasionneraient peut-être des irrégularités et des intermittences dans le fonctionnement des machines réceptrices.

Mais on pourrait aisément, si l'on disposait d'un local suffisamment grand, avoir une usine de distribution alimentant une longueur totale de plusieurs kilomètres, et renfermant les machines motrices correspondantes. Il suffirait pour cela de l'établir au centre de la distribution, et de diviser le quartier desservi en secteurs partant de ce centre, dans chacun desquels les conduites de la canalisation auraient une longueur de 400 à 500 mètres. On pourrait aussi, dans ce cas, et surtout si la force distribuée l'était précisément à l'extrémité du réseau, remplacer les tuyaux de 150^{mm} par des tuyaux de 200 et 250^{mm}, et on se trouverait dès lors dans de bonnes conditions normales d'exploitation.

Appareils enregistreurs du vide ou Pneumographes. — Il est bon de pouvoir se renseigner sur la valeur de la pression à tous les points de la canalisation. Il suffit pour cela de placer, à des distances diverses, des appareils enregistreurs du vide ou pneumographes ; ces instruments indiquent, par la hauteur d'une courbe, quelle a été la pression à chaque instant de la journée, aux points où ils sont installés.

Le principe de ces appareils est très simple. Un mouvemement d'horlogerie fait avancer une carte quadrillée sous la pointe d'un style, de telle sorte que chaque division verticale correspond à une heure. Le style est fixé à l'extrémité d'un fil enroulé autour d'une roue, qui suit le mouvement d'un manomètre Bourdon. Le style se meut de haut

en bas suivant les variations de la pression; et les divisions horizontales de la carte quadrillée correspondent à des pressions de 1 atmosphère, 9/10, 8/10,... 1/10 d'atmosphère.

Nous avons à l'usine deux de ces pneumographes; l'un est en relation avec le réservoir d'air, l'autre avec les conduites en égout. Nous pouvons constater ainsi que la pression est, à chaque instant, la même dans toutes les parties de la canalisation actuelle, encore peu étendue, il est vrai.

Ces pneumographes sont installés l'un à côté de l'autre, dans la salle d'expériences et de démonstration, et au-dessous de trois appareils indicateurs de vide.

Indicateurs de vide. — Deux de ces appareils sont des manomètres métalliques, identiques entre eux, et communiquant, l'un avec les conduites, l'autre avec le réservoir: chacun porte une graduation en centièmes d'atmosphère. L'aiguille indicatrice doit toujours marquer 70 à 75. Deux contacts électriques sont établis, l'un à la division 60, l'autre à la division 80. Si le vide monte au-dessus de 80 pour 100 ou descend au-dessous de 60 pour 100, on est donc aussitôt averti par la sonnerie électrique.

Le troisième appareil est un manomètre à mercure qui sert à vérifier les indications des deux premiers.

Tous ces appareils sont fixés sur un grand tableau indicateur situé dans un endroit apparent, de telle sorte qu'on peut l'apercevoir de loin.

Organes de canalisation. — Il nous reste à décrire, pour en finir avec ce qui concerne la canalisation, les différents organes secondaires, qui ont été cités plusieurs fois précédemment au cours de la description des conduites en égout et des branchements particuliers; je veux parler des *raccords*, des *clefs*, des *robinets* de *branchements*, des robinets de colonnes montantes appelés *valves robinets*.

Raccords. — Les *raccords* sont des pièces qui servent soit à fixer les robinets sur les conduites, soit à réunir les machines réceptrices aux tubes en plomb qui constituent les branchements.

Chaque raccord (fig. 3 et 4, pl. 93) est formé d'un tube de cuivre repoussé vers une des extrémités pour constituer une petite saillie, et d'un écrou avec pas de vis uniforme pouvant s'adapter soit aux machines, soit

aux robinets; l'écrou opère le serrage et pince, entre une rondelle de plomb et une rondelle de cuir, la petite saillie annulaire du tube de raccord.

Clefs pour raccords. — Les clefs, qui servent au montage et au démontage des raccords, ont une forme, analogue à un point d'interrogation, qui épouse exactement le profil des raccords.

Il y a des raccords de différentes dimensions, correspondant à des diamètres de 12^{mm}, 15^{mm}, 20^{mm}, 30^{mm}, 50^{mm} ; et des clefs correspondantes (fig. 3 et 4, pl. 93 ; et fig. 4, 5 et 6, pl. 94).

Clefs pour valves. — Les clefs qui servent à la manœuvre des valves-robinets et des valves sont des clefs à cliquet dont nous reproduisons le dessin (pl. 93 fig. 5). Ces sortes de clefs peuvent plus aisément se manier dans les endroits où l'espace est restreint comme dans les égouts par exemple.

Robinets de branchement. — Les robinets de branchement sont spéciaux à chaque abonné, ils sont enfermés dans une boîte dont la Société conserve la clef, qui est une clef ordinaire.

Ce robinet, qui est représenté pl. 94, fig. 1, 2 et 3, se compose essentiellement d'une caisse métallique ronde, terminée aux extrémités d'un même diamètre, par deux tubes, l'un d'entrée, l'autre de sortie pour l'air qui la traverse.

La caisse est munie, vers la moitié de sa profondeur, d'une portée circulaire faisant saillie à l'intérieur. Entre cette portée médiane et le fond de la boîte se trouve, au centre de l'appareil, le siège d'une soupape ; ce siège est circulaire et constitue un orifice. — Les bords en sont disposés de telle sorte que la conduite d'entrée de l'air communique toujours avec la partie supérieure de la caisse, et que la conduite de sortie communique toujours avec la partie inférieure.

En abaissant la soupape sur son siège ou en la relevant, on ferme ou l'on ouvre la communication entre les deux parties, inférieure et supérieure, de la caisse, c'est-à-dire en somme entre les deux rameaux de la canalisation dont l'un vient avant et l'autre après le robinet de branchement, sur le parcours des conduites.

Les deux tubes extrêmes du robinet sont filetés pour recevoir les raccords qui permettent d'interposer facilement l'appareil sur le trajet d'une conduite quelconque.

L'intérieur de la caisse est hermétiquement clos au moyen d'une membrane métallique plissée circulairement. Cette membrane repose sur la portée et soutient en son centre la soupape au moyen d'une tige qui forme écrou fixe.

Une vis, à laquelle est fixé un bouton manipulateur, entraîne avec elle la soupape, en même temps qu'elle donne plus ou moins d'amplitude à la membrane.

Il suffit de tourner le bouton dans un sens ou dans l'autre pour ouvrir ou fermer le robinet de branchement.

Pour atteindre le bouton, il faut ouvrir la boîte avec une clef ordinaire qui reste, comme on l'a dit plus haut, entre les mains des agents de la Société.

Il y a des robinets de branchement de différentes dimensions, correspondants à des diamètres de 20^{mm}, 35^{mm}, etc.

Valves-robinets. — Les robinets qui commandent les colonnes montantes sont appelés valves-robinets.

Ils ne sont pas enfermés dans une boîte comme les précédents, et leur manœuvre se fait à l'aide de clefs à cliquet qu'on a décrites plus haut et qui s'appliquent immédiatement sur le presse-étoupes qui clôt le robinet, en prenant une tige carrée formant écrou à l'intérieur.

La valve-robinet se compose essentiellement d'un tube qui porte un renflement circulaire dans sa partie médiane. (Voir pl. 93, fig. 7.)

Dans un plan passant par l'axe du tube et parallèle au presse-étoupe se trouve une saillie circulaire formant pont, et constituant le siège d'une soupape.

Les bords de cet orifice, ou cloisons qui relient le siège circulaire au corps même de la valve-robinet, sont disposés de telle façon, que d'un côté le tube d'entrée de l'air communique toujours avec la partie du robinet située sous le pont et le tube de sortie avec la partie située au-dessus.

En abaissant la soupape sur son siège ou en la relevant on ferme ou l'on ouvre la valve-robinet.

Au-dessus du pont et concentriquement, se trouve une ouverture qui reçoit un couvercle. Ce couvercle porte un écrou fixe, maintenu toujours dans le même plan par rapport à l'axe de l'appareil au moyen d'un petit épaulement. Cet écrou se prolonge à l'extérieur en forme

carrée pour recevoir la clef à cliquet. Une vis intérieure, prise dans l'écrou fixe, porte la soupape et l'entraîne dans son mouvement.

Les deux extrémités du tube sont filetées pour recevoir les raccords qui permettent d'interposer facilement l'appareil sur le trajet d'une conduite. Il y a des valves-robinets de différentes dimensions correspondant à des diamètres de 50^{mm}, 60^{mm}, etc.

Valves. — Les valves des conduites principales ou valves proprement dites sont construites exactement de la même manière que les valves-robinets. (Voir pl. 93, fig. 6.)

Seulement les extrémités ne sont pas filetées : elles restent nettes, et on les raccorde avec les conduites de la canalisation au moyen de bagues dont on ferme les joints en coulant du plomb, qui est ensuite maté à froid.

La manœuvre de ces valves se fait aussi à l'aide de clefs à cliquet, sauf pour les grandes valves de l'usine centrale, qui portent des volants.

Les divers organes de canalisation que nous venons de décrire ont été construits, spécialement en vue de notre entreprise, par M. Keller, constructeur-mécanicien, qui les a exécutés d'après des dessins grandeur d'exécution, que nous lui avons fournis.

Machines réceptrices ou moteurs à air raréfié.

Choix des moteurs. — Dans le choix et dans la construction des petits moteurs à air, on a surtout recherché la solidité, la simplicité et la commodité. Une fois installées chez les clients, les machines réceptrices doivent, en effet, fonctionner le plus longtemps possible, sans exiger de réparation et sans demander, pour ainsi dire, d'entretien. Disséminés chez les abonnés, ces moteurs ne peuvent être sous la surveillance continuelle des agents de la compagnie, qui ne les visitent qu'aux jours indiqués pour relever les chiffres marqués aux compteurs. Il fallait donc éviter toute pièce et tout organe délicat, tout mécanisme qui pût occasionner quelques difficultés, et il fallait obtenir une mise en marche, un arrêt et un mouvement faciles à régler à la volonté du client. Les études faites au boulevard Voltaire ont porté sur des machines oscillantes et sur des machines rotatives. Depuis, nous avons construit et expérimenté un moteur à cylindre dit *moteur à fourreau*.

Moteurs oscillants. — Nous avons une dizaine de moteurs oscillants, construits il y a déjà quelques années, et on peut les voir fonctionner d'une manière encore fort satisfaisante ; mais ils ont un plus faible rendement, à cause des fuites qui se produisent, à l'échappement comme à l'introduction de l'air, et qui sont dues à l'usure inégale des diverses parties de la glace de distribution plus ou moins éloignées du centre d'oscillation.

Ces moteurs n'ont pas de bielle, et la tige du piston conduit directement la manivelle ; l'arbre est placé le plus près possible du cylindre, et la machine tient peu de place. Les vibrations et secousses du volant se transmettent à peu près directement à l'air, agent du mouvement, et, par son élasticité, les effets en sont notablement atténués. La distribution se fait au moyen de deux glaces : l'une, fixée sur le bâti, porte quatre lumières situées deux à deux sur un même diamètre, symétriquement par rapport au centre. Les deux diamètres-lumières forment entre eux un angle déterminé par l'amplitude d'oscillation du cylindre. La seconde glace est portée par le cylindre oscillant, et elle a deux lumières situées sur un même diamètre suivant l'axe du cylindre. Deux des lumières fixes sont en communication avec l'air atmosphérique ; deux avec la canalisation d'air raréfié. Le cylindre, dans son mouvement, vient présenter les lumières de la glace mobile devant les lumières fixes, de manière que, dans chaque position, l'une des faces du piston reçoive l'air de l'atmosphère et l'autre l'air des conduites.

Les deux espèces de moteurs que nous faisons aujourd'hui construire sont les moteurs rotatifs pour les petites forces, et les moteurs à fourreau pour les forces plus grandes.

Ainsi, les renseignements pris et les données recueillies dans les quartiers habités par les ouvriers en chambre nous ont fait provisoirement adopter six types de moteurs, eu égard à leur force, savoir :

Le type de 3 kilogrammètres ;
» 6 »
» 12 »
» 24 » ou 1/3 de cheval ;
» 40 » ou 1/2 de cheval ;
» 80 » ou un cheval.

Nous avons adopté le moteur rotatif pour les trois premiers types et les moteurs à fourreau pour les trois derniers.

Voici d'ailleurs la description de ces deux genres de machines :

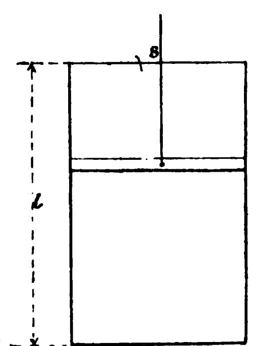
. . . .

Cette description, qui a été faite de vive voix sur les appareils mêmes, exposés dans la salle des séances de la Société des Ingénieurs civils, ne peut être reproduite ici à cause des formalités relatives à la prise des brevets à l'étranger.

. . . .

Nous dirons seulement que ces deux moteurs sont construits de manière à marcher en détente, et que le moteur à fourreau porte un régulateur à force centrifuge, actionné par l'arbre et disposé d'une façon spéciale sur la conduite à air raréfié, qu'il ouvre plus ou moins, de telle sorte que le moteur soit réglé, suivant les cas, à un nombre de tours déterminé.

Ces appareils reçoivent d'ailleurs chaque jour des perfectionnements, et on les modifie constamment, à chaque nouvelle série en construction, en suivant les indications de la pratique. On a ainsi pu obtenir des mouvements moins bruyants et éviter les secousses, inconvénients qu'on avait rencontrés dans les moteurs construits en premier lieu.



Quant aux dimensions à donner aux machines réceptrices, et spécialement à leur capacité effective, elles ont été établies conformément aux conclusions du calcul suivant, en tenant compte du coefficient de rendement organique.

Supposons la machine réduite à un simple cylindre, et négligeons, pour le moment, la différence entre le travail théorique et le travail réel ou pratique.

Calcul du travail des machines réceptrices. Considérons d'abord le cas de la pleine pression :

Soient : S, la section du piston ;
» l, la course du piston ;
» P, la pression atmosphérique ;

Le travail, pendant une course simple du piston, sera évidemment :

$$T = PSl - \frac{P}{4} S\, l;$$

Et comme $Sl = V$, en appelant V le volume du cylindre, volume engendré par une course simple du piston :

$$T = PV - \frac{P}{4}V;$$

c'est-à-dire $$T = \frac{3}{4}PV.$$

Si l'on effectue les calculs en faisant V égal à un mètre cube, on trouve que le travail fourni par la pénétration d'un mètre cube d'air dans la canalisation ne serait, dans le cas de la pleine pression, que de 7749 kilogrammètres. Or, nous avons vu précédemment que la machine développe, pour extraire ce volume d'air, un travail de 14 300 kilogrammètres. Il est important, pour éviter un pareil excédent de dépense, qui constitue une trop forte perte, de laisser agir l'air en détente dans les cylindres avant qu'il se rende dans les conduites. Dans quelles proportions la détente doit-elle s'opérer pour réaliser les conditions les plus avantageuses ? Théoriquement ce doit être au quart ; mais il faut remarquer que, dans ce cas, la pression effective sur le piston à fin de course serait presque nulle ; et peut-être même à cause d'une certaine condensation due au refroidissement de l'air détendu, la contre-pression se trouverait un instant plus forte que la pression. On ne saurait donc prolonger la détente jusqu'au quart.

De nombreuses expériences ont montré que les meilleures conditions sont réalisées quand l'admission cesse aux 3/8 environ de la course.

Calculons le travail dans ce cas d'une détente au 3/8.

Il y a lieu alors de considérer deux phases dans la course simple du piston.

Dans la première phase, c'est-à-dire dans les 3/8 de la course, le travail est donné par l'expression $P.\ S.\ \frac{3}{8}\,l$.

Dans la seconde phase, le travail est celui que produit la détente de l'air.

Pour l'exprimer, il suffit de considérer l'état de la masse fluide au début et à la fin de cette phase.

Au début, la masse d'air occupe le volume $\frac{3}{8}$ à la pression atmosphérique.

A la fin, la masse d'air occupe le volume 1 à la pression $\frac{1}{4}$.

Le travail de détente est donné par la formule $p_0\, v_0\, lg\, \frac{v}{v_0}$, c'est-à-dire, dans le cas actuel, par :

$$\text{P}.\,\frac{3}{8}\,\text{S}l.\,lg\,\frac{1}{\frac{3}{8}}$$

ou

$$\text{P}.\,\frac{3}{8}\,\text{S}l.\,lg\,\frac{8}{3}.$$

Par suite, le travail total s'obtiendra en ajoutant les deux expressions ci-dessus et en retranchant le travail de la contre-pression $\text{S}l\,\frac{\text{P}}{4}$. On a donc :

$$= \text{P}.\,\text{S}.\frac{3}{8}\,l + \frac{3}{8}\,\text{P}.\,\text{S}l.\,lg\,\frac{8}{3} - \frac{\text{P}}{4}\,\text{S}l, \text{ et comme } \text{S}l = \text{V},$$

$$\text{T} = \frac{3}{8}\text{P V}\,\left(1 + lg\,\frac{8}{3}\right) - \frac{\text{P V}}{4}.$$

Si l'on effectue les calculs, en faisant V égal à un mètre cube, on trouve que le travail fourni par la pénétration de 1 mètre cube d'air dans la canalisation est de 13 530 kilogrammètres : la perte due à la détente incomplète n'atteint donc pas 6 pour 100.

Mais, remarquons que pour que 1 mètre cube d'air à la pression atmosphérique pénètre dans la canalisation, il faut, dans le cas de la pleine pression, que le piston engendre un volume de 1 mètre cube, tandis que, dans le cas de la détente, il faut que le piston engendre un volume de 2^{mc},66.

$$\left(\frac{8}{3} = 2{,}66\right)$$

Pour obtenir ce rendement élevé, il faut donc augmenter le volume du cylindre de la machine réceptrice.

Capacités effectives des moteurs. — Cela posé, cherchons quelles seraient les dimensions théoriques des cylindres des moteurs à fourreau.

Considérons le cas de la pleine pression, et faisons le calcul pour le moteur d'un cheval de 75 kilogrammètres.

Le mètre cube d'air donne 7 749 kilogrammètres;

1 litre donnera 7 ^{kgm}, 749;

10 litres donneront 77 ^{kgm}, 49, soit environ 1 cheval, s'ils pénètrent dans le moteur en une seconde, c'est-à-dire si la machine fait 30 tours à la minute.

Ainsi, le cylindre *d'une machine de 1 cheval marchant à pleine pression*, devra avoir :

Une capacité de	10 litres	à la vitesse de	30 tours;
—	5 —	—	60 —
—	2 litres $^1/_2$	—	120 —

Considérons le cas de la détente aux 3/8 :

Le mètre cube d'air donne alors 13 530 kilogrammètres;

1 litre d'air donne alors 13 ^{kgm}, 53.

Mais, pour que 1 litre d'air pénètre dans le moteur, il faut, dans ce cas, que la capacité du cylindre soit de 2 litres, 66, correspondant à 13 ^{kgm},53.

Le cylindre de 1 litre de capacité correspond donc ici à $\frac{13^{kgm},5}{2,66}$, ou à 5^{kgm},08.

Le cylindre de 15 litres de capacité correspond à 76 kilogrammètres (5,08 × 15), c'est-à-dire à 1 cheval environ, si la pénétration se fait en une seconde, c'est-à-dire si le moteur marche à 30 tours.

Ainsi, le cylindre *d'une machine de 1 cheval, marchant en détente à* 3/8, devra avoir :

Une capacité de	15 litres,	à la vitesse de	30 tours;
—	7 litres $^1/_2$,	—	60 —
—	3 litres $^3/_4$,	—	120 —

On peut de même donner le tableau du volume que doivent avoir les cylindres des machines d'un demi-cheval et d'un tiers de cheval.

D'une manière générale, on voit que le volume, dans le cas de la détente, est égal à une fois et demie celui qu'on peut donner au cylindre dans le cas de la pleine pression. Mais cette augmentation de volume est un faible inconvénient, à côté de l'avantage considérable que procure la détente au point de vue du rendement.

Voici les tableaux relatifs aux moteurs d'un demi-cheval et d'un tiers de cheval.

MOTEURS.	Cas de la pleine pression.	Cas de la détente aux 3/8.	Nombre de tours.
Le cylindre du moteur d'un *demi-cheval* doit avoir une capacité de. .	cinq litres	sept litres 1/2	30
	deux litres 1/2	trois litres 3/4	60
	un litre 1/4	un litre 7/8	120
Le cylindre du moteur d'un *tiers de cheval* doit avoir une capacité de. .	trois litres 1/3	cinq litres	30
	un litre 2/3	deux litres 1/2	60
	un 1/2 lit. + 1/3	un litre 1/4	120

Passons maintenant aux moteurs rotatifs. On pourrait recommencer les calculs précédents ; mais il suffit de remarquer que, dans le cas des moteurs à fourreau et à cylindre en général, un tour de la machine correspond à deux courses du piston, c'est-à-dire fait pénétrer dans la canalisation deux fois le volume d'air contenu dans le cylindre ; tandis que, dans le cas des moteurs rotatifs, un tour de la machine fait simplement pénétrer dans la canalisation une fois le volume d'air contenu dans la capacité effective du moteur.

Donc, étant donnée la capacité effective des machines à fourreau, il suffit de la doubler pour obtenir la capacité effective des moteurs rotatifs de même force, le nombre de tours restant le même.

Il est bon d'ajouter que les moteurs rotatifs, dont les organes ne sont pas soumis à des mouvements de va-et-vient, comme ceux des moteurs à fourreau, peuvent marcher beaucoup plus vite et donnent aisément un nombre de tours double à la minute. Leur capacité effective devient alors la même que celle des machines à fourreau.

Nous avons donné les tableaux correspondants aux moteurs à fourreau de 1 cheval, d'un tiers de cheval, parce que, pour les machines de cette force, nous avons adopté ce type de moteurs.

Pour les moteurs de 12, 6 et 3 kilogrammètres, nous avons adopté le type rotatif, et voici les tableaux correspondants :

Nous ne considérons ici que le cas de la détente aux 3/8, et nous envisageons en outre le cas d'une vitesse de 240 tours, qui est facilement obtenue avec ce type de moteur.

Nous appelons *capacité effective*, la capacité de la couronne correspondant au volume d'air qui, à chaque tour de la machine, pénètre dans la canalisation.

MOTEURS ROTATIFS	CAPACITÉ EFFECTIVE	NOMBRE DE TOURS
Type de 12 kilogrammètres........	cinq litres 2,50 1,25 0,645	30 60 120 240
Type de 6 kilogrammètres.........	2,50 1,25 0.645 0,32	30 60 120 240
Type de 3 kilogrammètres.........	1,25 0,645 0.32 0,16	30 60 120 240

Les tableaux précédents n'indiquent, bien entendu, que des chiffres théoriques, ainsi que nous l'avons fait observer au début du calcul.

Pour avoir les capacités effectives pratiques, il suffit simplement de prendre le chiffre inscrit au tableau, dans le cas considéré, et de le multiplier par un coefficient déterminé par l'expérience pour les différents types de moteurs.

Rendement organique des machines réceptrices. — Le coefficient de rendement organique varie, en effet, non seulement avec le genre de machines : rotatif, oscillant ou à cylindre ; mais encore, pour un même genre de moteurs, avec les dimensions mêmes de ces machines, et aussi avec la vitesse que l'on fait prendre aux moteurs.

Nos expériences nous ont démontré que, pour les machines oscillan-

tes et les moteurs à fourreau, dont les organes sont soumis à des mouvements de va-et-vient, il est avantageux d'éviter les grandes vitesses, lesquelles font diminuer le rendement dans une proportion qui n'est pas en rapport avec la faible augmentation du travail obtenu.

Pour les moteurs rotatifs, au contraire, l'augmentation de vitesse est ordinairement accompagnée d'une augmentation du travail produit, mais il faut le dire aussi, d'une diminution du rendement organique.

En somme, pour les moteurs de 3 et 6 kilogrammètres, nous croyons pouvoir compter sur un rendement organique de 40 à 45 pour 100; pour ceux de 12 à 24 kilogrammètres le coefficient serait de 50 à 55 pour 100; et pour ceux de 40 à 80 kilogrammètres il peut atteindre 55 à 65 pour 100.

Comme l'air, qui n'a pas atteint sa détente complète dans la capacité effective des moteurs éprouve, à cause de sa plus grande densité, un certain retard à se précipiter dans la canalisation, il en résulte une contre-pression, qui, pendant un instant, a une valeur supérieure à un quart d'atmosphère et détruit ainsi une partie du travail sur lequel on pourrait compter. Nous avons remédié à cet inconvénient en montant nos machines réceptrices sur des socles creux dans lesquels l'air, qui vient de produire le travail moteur, se précipite instantanément par un orifice aussi large et aussi court que possible. Cet espace vide est toujours en communication avec la conduite, de sorte que l'air y est constamment maintenu au degré de raréfaction moyen et que l'écoulement du fluide s'opère sans retard et d'une manière continue. — Cet espace vide forme en même temps récipient, comme nous l'avons indiqué dans les descriptions techniques des moteurs, pour retenir les huiles de graissage dont il est bon d'éviter l'introduction dans les conduites. Elles se déposent au fond du socle récipient, et on n'a qu'à les extraire de temps à autre par un petit canal, placé à la partie la plus basse, dont l'orifice s'ouvre au moyen d'un petit bouchon à vis.

Compteurs. — Disons enfin que chacune de nos machines à air raréfié est munie d'un compteur de tours permettant de déterminer le travail dépensé par chaque client. En effet, comme on l'a dit plus haut, le nombre de tours que fait chaque moteur dans un temps quelconque est proportionnel à la force qu'il fournit. Pour chaque type de moteurs on détermine le nombre de tours correspondant à un cheval, à un demi-cheval, à un tiers de cheval; à 12, 6 et 3 kilogrammètres; on établit

en conséquence le prix du millier de tours ; et l'abonné, chez qui l'on relève périodiquement les chiffres indiqués au compteur, ne paye ainsi que la force réellement dépensée.

Terminons par la description de ces compteurs dont le système est fort simple.

Nous en avons de deux sortes : les uns sont à engrenages ordinaires, les autres à roues croix de Malte.

Compteur à engrenages. — Le compteur à engrenages ordinaires se compose d'une boîte circulaire, fixée à l'aide de vis sur le bâti du moteur, et dont le couvercle porte deux ouvertures. La première ouverture laisse passer l'arbre de la machine qu'on munit préalablement d'une vis sans fin destinée à entraîner la première roue du compteur (voir pl. 94, fig. 8 et voisines). Sur la seconde ouverture est placée la glace à travers laquelle on lit sur les cadrans indicateurs.

La première roue est calée sur un axe portant une vis sans fin qui entraîne dans son mouvement la seconde roue du compteur. Cette seconde roue engrène par son pignon avec la troisième roue du compteur. Cette dernière est fixée sur une tige portant l'aiguille qui se meut sur le premier cadran, dont les chiffres indiquent les unités de mille. Trois autres roues, commandées successivement l'une par l'autre, correspondent à des cadrans dont les chiffres indiquent les dizaines de mille, les centaines de mille et les unités de millions.

Compteur à roues croix de Malte. — La boîte de notre second type de compteurs est la même que la précédente (pl. 94, fig. 8 et voisines). La différence porte sur l'application de la roue croix de Malte, et de son doigt d'arrêt, qu'on emploie au lieu d'engrenages ordinaires. Au lieu d'aiguilles indicatrices fixées sur des tiges et de cadrans fixes, on a ici des cadrans mobiles adaptés sur les axes des roues et dont les chiffres viennent passer successivement devant des lumières. Grâce à cette disposition chaque chiffre n'apparaît que quand le nombre de tours qu'il indique a été complètement effectué.

Ce compteur a, en outre, des dimensions plus petites que celles du précédent.

Service de l'exploitation.

Quelques mots sur l'exploitation de l'industrie qui nous occupe compléteront utilement l'étude détaillée que je me suis proposé de présenter à la Société des Ingénieurs civils relativement à l'entreprise exécutée rue Beaubourg.

Je distinguerai deux services dans l'exploitation :

L'exploitation technique,

L'exploitation commerciale.

Exploitation technique. — Les services de l'exploitation technique se rapportent aux trois grandes divisions établies précédemment : usine centrale, canalisation, machines réceptrices.

Dans l'usine centrale, il y a à assurer la marche de la machine aspirante et son bon fonctionnement. C'est l'œuvre d'un chauffeur-mécanicien et d'un aide qui servent et surveillent la machine à vapeur et la chaudière.

Comme on l'a fait observer au cours de la description du générateur à vapeur, les conditions dans lesquelles nous sommes placés actuellement sont tout à fait mauvaises au point de vue de la production de vapeur, de l'économie de combustible et de la conduite du foyer. On a, en effet, une machine à vapeur dont on ne prend que le travail minimum qu'elle peut produire, et qu'on alimente avec une chaudière dont la production normale de vapeur correspond à deux de ces machines marchant à pleine puissance. Nous avons indiqué l'artifice à l'aide duquel, pour remédier dans la mesure du possible à ces inconvénients, nous avons diminué de plus du tiers la surface de la grille du générateur. Ces conditions deviendront meilleures à mesure que le nombre des clients servis augmentera, et l'on pourra alors faire de sérieux essais comparatifs sur les combustibles divers, de façon à employer le plus propre au service à rendre et le plus avantageux. L'on fera également des essais sur la machine à vapeur et sur le cylindre à vent, en relevant, en même temps, sur le cylindre à vapeur et sur le cylindre à air, des diagrammes pris à la fois sur les deux faces de chacun des pistons. L'on se rendra ainsi un compte aussi exact que possible du prix de revient de la force produite.

Pour la canalisation, le service comprend simplement celui des branchements particuliers et conduites intérieures, avec les organes correspondants. Les conduites principales une fois posées n'exigent, en effet, aucun entretien ni aucune surveillance.

La fourniture et la pose des colonnes montantes, des branchements particuliers et des conduites intérieures se font par un entrepreneur de plomberie qui est tombé d'accord avec nous sur les conditions auxquelles il exécuterait ces travaux. Chaque installation est l'objet d'un devis préalable présenté par l'entrepreneur et discuté, puis accepté, par la société et par l'abonné; les frais relatifs à la colonne montante, qui peut desservir plusieurs clients, restent à la charge de la société; la dépense relative au branchement particulier et à la conduite intérieure au logement d'un abonné incombe naturellement à ce dernier. Les ouvriers de l'entrepreneur de plomberie exécutent d'ailleurs leurs travaux sous notre direction et notre surveillance, placent les tuyaux de conduite aux endroits que nous leur indiquons, de concert avec les clients et les propriétaires ou gérants des immeubles desservis, et fixent aux points désignés les robinets de colonnes montantes et les robinets de branchement que nous leur livrons. Tous les appareils qui sortent de l'usine centrale portent un numéro. On en tient une comptabilité en partie double qui est une sorte de comptabilité-matières.

Comptabilité du matériel.— Il en est d'ailleurs ainsi pour tout le matériel de la société. Ce matériel, d'après la nature même de notre entreprise, se divise en matériel fixe et en matériel mobile. Nous possédons un grand-livre d'entrée et de sortie du matériel, et un livre-journal pour l'inscription à leur date des entrées et des sorties.

Pour le matériel fixe, l'entrée est indiquée sur le journal au jour de son acceptation et reportée au grand-livre. La sortie, pour ce matériel, ne s'effectuerait que dans le cas du remplacement.

Pour le matériel mobile, les moteurs, par exemple, sont inscrits au journal le jour de leur réception ; et on reporte ensuite leur entrée au grand-livre. Puis, le jour où ils sont installés chez les abonnés, on indique au journal leur sortie qui est ensuite reportée au grand-livre.

C'est une comptabilité où le Doit est remplacé par l'Entrée et l'Avoir par la Sortie.

Le service de l'exploitation, en ce qui concerne les moteurs, comprend quatre phases distinctes :

La réception;

L'essai;

L'installation chez le client;

La surveillance et l'entretien des moteurs installés.

A mesure qu'un moteur nous est livré par les constructeurs, nous l'examinons avec soin, en le démontant, s'il est nécessaire, pour nous rendre compte de la construction de ses diverses pièces. Puis nous procédons immédiatement à une expérience qui permet de vérifier si la machine est en bon état de marche et de fonctionnement.

Nous prenons ensuite, sur la liste des demandes de force qui nous sont faites, la première inscrite parmi celles qui correspondent à la force de la machine reçue, et nous appelons le client à venir en faire l'essai avec nous.

On procède, immédiatement après l'essai, à la pose de la colonne montante, s'il n'en existe pas encore dans la maison du nouveau client, de son branchement particulier et de sa conduite intérieure; puis on installe le moteur en prenant, de concert avec l'abonné, les dispositions les meilleures pour l'économie, la commodité et la commande facile des outils que la machine à air est destinée à actionner.

Pour la surveillance et l'entretien des moteurs, ils n'exigent aucun service spécial, en dehors des visites que doit faire périodiquement l'agent de la compagnie, qui relève les compteurs. Il s'assure en même temps du bon état et du bon fonctionnement de la machine à air et prend note des observations des abonnés.

Comme pour les organes de la canalisation qui sont compris dans le matériel mobile, chaque moteur, ainsi que son compteur, est poinçonné et porte un numéro. On tient la comptabilité des moteurs, en inscrivant leur entrée et leur sortie, comme il est dit ci-dessus.

Exploitation commerciale. — Pour organiser le service de l'exploitation commerciale, nous n'avions pas besoin de faire de grands frais d'imagination ni de chercher des nouveautés.

Nous distribuons en effet la force motrice comme la Compagnie du gaz distribue l'éclairage et aussi la force. L'agent de transmission est l'air atmosphérique au lieu d'être le gaz d'éclairage.

L'industrie de la distribution du gaz d'éclairage à domicile a fait ses

preuves depuis cinquante ans, et on a dit avec raison qu'elle est le type complet, presque parfait, de ce que doit être l'industrie privée chargée d'un service public.

Nous n'avions donc qu'à nous inspirer des errements de cette compagnie, en tenant compte, bien entendu, de notre situation de débutants et en nous attachant à satisfaire de notre mieux notre future clientèle.

Les relations de notre Société avec ses clients, et avec les propriétaires des immeubles où nous avons des colonnes montantes à installer, sont donc réglées à peu près sur le même pied que celles de la Compagnie du gaz et de ses abonnés, avec cette différence : qu'il n'y a aucune autorisation administrative à obtenir pour installer un moteur à air, tandis qu'il en faut une pour installer des appareils à gaz. Et on en conçoit aisément le motif ; le gaz d'éclairage est, en effet, un mélange détonant, inflammable, dangereux en certains cas ; l'air atmosphérique ne l'est pas.

Quant à nos relations avec la ville, nous avons simplement aujourd'hui l'autorisation de placer nos conduites dans le quartier Saint-Avoye ; il n'est pas douteux que plus tard la municipalité parisienne, toujours disposée à venir en aide au progrès, ne favorise l'extension de notre entreprise, quand, après quelques mois de marche, elle aura reconnu les services que nous pouvons rendre à toute une classe de petits travailleurs et d'ouvriers en chambre dont le sort et le bien-être font à bon droit l'objet de ses préoccupations.

Nous avons établi, pour fixer notre situation vis-à-vis de nos clients, trois pièces analogues à celles que la Compagnie du gaz appelle : police d'abonnement, contrat d'abonnement, contrat avec les propriétaires d'immeubles.

Autorisation des propriétaires d'immeubles. — Cette dernière pièce constitue pour la Société l'autorisation d'installer dans la maison du propriétaire qui l'a accordée, la colonne montante destinée à desservir les locataires de la maison qui désirent s'abonner à la distribution de la force.

Contrats d'abonnements. — Le contrat d'abonnement constitue l'engagement réciproque de la Société et de son client ; celui-ci prend en location les appareils et la force ; celle-là les fournit, les entretient et assure leur fonctionnement.

Conditions d'abonnement. — Cette pièce indique, d'une manière exacte et précise, quelles sont les conditions de l'abonnement à la distribution de la force motrice à domicile au compteur de tours.

Voici une analyse rapide de cette pièce importante.

Les abonnements doivent être pris pour six mois au moins. Les colonnes montantes sont installées aux frais de la Société qui les conduit devant le logement de l'abonné. Le branchement particulier et la conduite intérieure, à partir du robinet spécial à l'abonné, sont à la charge du client et restent sa propriété. Jusqu'au robinet de branchement, les conduites, tant comme colonne montante que comme branchement particulier, restent la propriété de la Société qui les a fournies et posées à ses frais, et l'abonné doit en payer la location et l'entretien, suivant un tarif établi proportionnellement à la force demandée.

A l'expiration de l'abonnement, la Société et l'abonné ont chacun la libre disposition des appareils qui sont leur propriété respective.

Le moteur et le compteur sont fournis et posés par la Société à ses frais; ils restent sa propriété, et l'abonné en paye la location et l'entretien suivant un tarif établi proportionnellement à la force demandée.

Il est interdit d'apporter aucune modification dans les organes du moteur, et de ses accessoires, ainsi que dans sa position, sans l'autorisation de la Société et le concours de ses agents, qui doivent avoir un libre accès dans l'endroit où l'appareil est installé.

Le prix de la force dépensée se compte au millier de tours indiqués par le compteur. Le payement des fournitures a lieu par décade et d'avance, sur la présentation d'une quittance établie d'après le relevé des compteurs. En conséquence, il est payé d'avance à la Société une somme correspondante à la dépense normale de 20 jours calculée approximativement en admettant dix heures de travail par jour.

On relève les compteurs les 1er, 10 et 20 de chaque mois, on établit les quittances conformément à leurs indications; et l'on opère les recouvrements les 5, 15 et 25.

Les quittances portent les indications suivantes :

Nombre des milliers de tours		—
Entretien du....	Moteur et de son compteur	—
	Branchement et du robinet	—
Location du....	Moteur et de son compteur	—
	Branchement et du robinet	—

On a préféré faire les recouvrements tous les dix jours afin de faciliter les payements aux petits travailleurs en chambre.

On délivre à chaque abonné un livret servant à constater sa consommation de force.

Les indications de ces livrets particuliers sont reproduites, à une page réservée pour chaque client, sur un livret général de section, qui reste à l'usine.

La mise en charge des conduites a lieu actuellement huit heures par jour ; de 8 heures à 11 heures 1/2 le matin, de 1 heure à 5 heures 1/2 le soir.

Dans quelque temps, les conduites seront en charge tous les jours, excepté le dimanche, de 7 heures du matin à midi, et de 1 heure à 8 heures du soir.

Plus tard, quand nous aurons installé les machines aspirantes qui doivent se placer à côté de la première, nous conserverons la mise en charge jusqu'à une heure assez avancée de la nuit, afin de pourvoir au service de l'éclairage électrique.

Service de l'éclairage électrique. — Il est à remarquer, en effet, que jusqu'à ce jour l'emploi des lampes électriques ne s'est pas propagé chez les particuliers, parce que l'on manquait d'un moteur commode pour actionner la petite machine dynamo-électrique, destinée à engendrer le courant. Quand il s'agit d'éclairer un vaste édifice, un théâtre, un restaurant, une gare, le nombre des lampes à entretenir est assez grand pour que la force motrice nécessaire soit fournie par une machine à vapeur. Mais si l'on veut éclairer un appartement particulier, il suffit, suivant les cas, de trois, quatre, cinq ou six lampes, une dizaine au plus.

Une machine d'un cheval, d'un demi-cheval, d'un tiers de cheval est alors suffisante ; et pour une force si petite, l'on ne peut songer à la vapeur comme agent direct de production de force. Je ne parle pas ici des machines à gaz ; il serait assez illogique de brûler le gaz comme force motrice destinée à produire de l'éclairage électrique plutôt que de l'employer directement à l'éclairage même.

Ces considérations, qui ne peuvent échapper, ont frappé déjà plusieurs ingénieurs dont l'industrie consiste à faire chez les particuliers des installations d'éclairage électrique ; et nous avons reçu la visite de

plusieurs d'entre eux qui désirent s'entendre avec nous, et combiner le placement de leurs appareils avec celui de nos machines à air.

J'ai cru devoir signaler en passant cette nouvelle catégorie de clients, qui pourront venir à notre Société, et que je n'ai pas mentionnés au début de cette étude. Ce simple fait montre qu'en certains cas, loin de trouver dans l'électricité un système concurrent, nous aurons en elle une auxiliaire, à titre de réciprocité d'ailleurs, ainsi que l'ont bien compris les ingénieurs dont nous avons reçu la visite à ce sujet. Ils reconnaissaient volontiers que notre procédé de distribution de force pourrait faciliter singulièrement l'application des divers systèmes d'éclairage électrique.

Nous ne pouvons songer à organiser ce service d'éclairage que quand nous aurons plusieurs machines aspirantes. En effet, lorsqu'on a commencé un service de ce genre, il faut pouvoir y satisfaire d'une manière continue; et tant que l'on ne dispose que d'une seule machine, on conçoit aisément qu'on ne puisse être assuré de cette non-interruption, puisqu'il suffit d'une simple réparation exigée par un organe quelconque de la machine pour que la canalisation cesse d'être mise en charge.

Nous nous contentons aujourd'hui de répondre le mieux possible aux exigences des abonnés dont nous avons fait les installations; et nous sommes heureux de constater qu'ils sont satisfaits des services que nous leur rendons.

Installation successive des machines réceptrices. — A mesure que les constructeurs nous livrent des moteurs, nous les plaçons aussitôt, et nous regrettons vivement qu'ils ne nous les livrent pas plus vite; car, d'une part, nous avons des clients pressés et qui attendent, et d'autre part nous produisons de la force, et, par suite, nous faisons des dépenses en quantité correspondante à la distribution minimum de 20 chevaux, alors que nous n'avons que quelques chevaux réellement distribués et payant.

En vain nous avions essayé de trouver des constructeurs qui voulussent, l'an dernier, s'engager à nous fournir pour le premier décembre 1884 (époque à laquelle la machine centrale pourrait fonctionner suivant nos prévisions, ce qui a eu lieu en effet), à nous fournir, dis-je, un nombre suffisant de machines réceptrices, construites d'après nos indications conformément à nos dessins. Nous raisonnions alors comme

si nous vivions en Amérique. En France et à Paris, en l'an de grâce 1885, l'on ne prend pas ainsi des commandes de machines qui n'ont pas fait leurs preuves. Nous avons dû recourir à un simple ouvrier mécanicien, payé au jour le jour, qui nous a construit une dizaine des moteurs dont j'ai donné plus haut la description, cinq du type rotatif et cinq du type à fourreau.

Mais ce mécanicien, n'ayant ni l'outillage ni les ressources d'une maison de construction, n'a pu nous livrer, même cette petite commande, en décembre dernier, et ne nous a remis nos moteurs qu'en février.

De là plusieurs mois de retard apportés à l'exploitation industrielle et commerciale de notre première usine : mais, comme nous l'apprend la sagesse des nations, tout vient à point à qui sait attendre ; et ce n'est là, d'ailleurs, qu'un accident commun à toutes les entreprises industrielles naissantes. L'important, pour notre début, est d'avoir reconnu que les machines à air ainsi construites donnent tout ce que nous attendions d'elles; et nous avons pu, aujourd'hui, trouver des maisons de construction qui en recherchent la commande. Les premiers moteurs qui sortiront de leurs ateliers se feront encore attendre un mois ou six semaines, parce qu'elles ont à créer, de toutes pièces, l'outillage propre à ces nouvelles machines.

Mais les suivants nous seront, à l'avenir, livrés chaque mois en quantité suffisante pour nos besoins.

Nous pourrons alors procéder à des installations d'abonnés d'une manière continue et étendre peu à peu notre clientèle.

CONCLUSION.

Telles sont les conditions dans lesquelles a été conçue et exécutée l'entreprise de distribution de force motrice à domicile dont j'ai eu l'honneur de diriger les travaux en collaboration avec M. Petit, promoteur du système de transmission pneumatique de la force.

Nous sommes heureux de rendre justice, en terminant, à l'intelligence et à l'activité de nos entrepreneurs, ainsi qu'au dévouement et au zèle désintéressés dont a fait preuve notre personnel pendant toute la période de construction.

J'adresse en outre, pour ma part, de sincères et vifs remerciements à notre sympathique vice-président, M. Brüll, toujours prêt à aider de

ses conseils les jeunes collègues qui ont recours à lui, quand ils se trouvent embarrassés par quelque question épineuse.

Ainsi que je vous le disais au commencement de cette étude, la question de la distribution de la force motrice à domicile, est actuelle et pressante; surtout pour la petite industrie parisienne qui souffre aujourd'hui, plus peut-être que toutes autres industries, de la crise générale des affaires, et qui doit lutter avec une concurrence étrangère toujours croissante. Outre le poids des charges fiscales, le prix élevé de la main-d'œuvre intervient pour rendre la lutte plus malaisée et plus rude; et les petites industries de la tabletterie, de la bimbeloterie et de l'article de Paris, industries si éminemment françaises et spécialement parisiennes, ont vu, de 1877 à 1884, leurs exportations diminuer sensiblement.

Nous espérons que l'application de notre système de distribution de force, qui aura pour résultat de diminuer notablement le prix de la main-d'œuvre chez les petits industriels qui l'emploieront, contribuera pour son humble part à leur rendre la concurrence étrangère moins difficile à vaincre.

« Il ne faut pas que les ouvriers se fâchent contre les machines, » nous disait récemment, avec l'esprit dont il est coutumier, notre honorable président. En entendant ces paroles, j'en ai aussitôt fait l'application à nos petits moteurs à air raréfié, et, sur ce point, les ouvriers en chambre qui sont nos clients partageront, je vous l'assure, l'avis de M. de Comberousse.

Les étrangers, eux aussi, se préoccupent d'améliorer les conditions de la petite industrie. J'ai indiqué les entreprises conçues dans ce sens en Amérique et en Angleterre. En Autriche avait lieu, il y a six mois, dans le même but, une exposition universelle de petits moteurs industriels, et l'archiduc Charles admirait ces machines qui, disait-il, « font pénétrer les bénédictions du progrès, les bienfaits de la technique moderne dans le plus humble atelier, chez le plus pauvre artisan. » Il ajoutait qu'on ne croirait plus désormais que la science favorise seulement les grandes sociétés, les entreprises colossales, au détriment des petits et des travailleurs isolés, mais qu'elle vient aussi en aide à la petite industrie.

Nous pensons pouvoir prendre notre modeste rang parmi ceux dont les efforts ont réussi à démocratiser la machine, et à la mettre à portée des travailleurs en chambre. Aussi, comptons-nous trouver, dans les

929 596 habitants de Paris que le recensement de 1881 indique comme s'occupant de petite industrie, le noyau d'une clientèle assez nombreuse pour faire vivre et prospérer notre entreprise.

Intéressés directement au succès de notre œuvre, qui leur permettra de produire plus commodément et à meilleur marché, nous avons d'ailleurs voulu les y intéresser encore, en attribuant à nos abonnés une participation à nos bénéfices.

C'est un procédé que nous croyons propre aussi à contribuer à la réalisation de cette union si désirable du capital et du travail, but que tout ingénieur, soucieux de remplir dignement les devoirs de sa profession, doit avoir toujours présent à la pensée.

TABLE DES MATIÈRES

CHRONIQUE

Sommaire. — Expériences de consommation sur une machine marine (*suite et fin*). — Alimentation d'eau de l'expédition du Soudan. — Origine du mot tramway. — Éclairage électrique de l'Atlantique. — Chemins de fer à crémaillère.

Expériences de consommation sur une machine marine.

(*Suite et fin.*)

Les résultats des expériences faites sur la machine du *City of Fall-River* sont consignés dans le tableau ci-après. Quelques explications sur la manière dont certaines quantités ont été calculées sont nécessaires.

Le tableau contient cinq colonnes désignées par les cinq premières lettres de l'alphabet. Les quatre premières A, B, C, D correspondent à la marche de la machine avec le fonctionnement compound, et la dernière E à la marche avec le fonctionnement ordinaire, le petit cylindre étant dételé du balancier et séparé du tuyautage. Les dates de ces expériences sont données.

Les températures, pressions, etc., sont les moyennes des observations à intervalles réguliers pendant toute la durée des essais.

La fraction de course déjà parcourue par le piston, au moment de la fermeture de l'admission, est obtenue pour chaque cylindre, en mesurant sur les diagrammes d'indicateur le point de fermeture, et en divisant la distance qui sépare ce point de l'origine de la course par la longueur du diagramme. On a pris deux points de fermeture : le point effectif, qui est celui où se coupent la ligne d'admission et la courbe d'expansion prolongées toutes les deux, et qui représente l'endroit où commencerait la détente, si la vapeur n'était pas étirée pendant un moment, et le point virtuel, qui est celui où l'admission se ferme d'après le diagramme[1].

Les nombres de tours donnés dans le tableau sont les moyennes des chiffres notés sur les diagrammes au moment où ceux-ci sont relevés.

Les pressions moyennes sont obtenues sur les courbes, en divisant l'aire de la courbe, mesurée avec un planimètre soigneusement vérifié, par la longueur du diagramme et en multipliant l'ordonnée ainsi obtenue par l'échelle du ressort de l'indicateur.

La contre-pression moyenne derrière le grand piston s'obtient d'une manière analogue au moyen de l'aire comprise entre la courbe inférieure du diagramme correspondant et la ligne du vide absolu.

Le travail indiqué a été calculé séparément pour le haut et le bas des cylindres, et on a déduit pour le premier la section des tiges de la surface des pistons.

1. La note originale n'indique pas la manière dont le point de fermeture est obtenu sur les diagrammes. Il n'est pas aisé de le reconnaître sur ceux-ci, comme on peut en juger. On sait d'ailleurs qu'il y a diverses méthodes pour calculer ce point, entre autres celles de l'amiral Labrousse. Le diagramme des poids que nous avons donné en 1877, voir les *Bulletins de la Société des Ingénieurs civils de* 1877, page 898, peut également servir à cet effet.

Le volume d'eau d'alimentation a été observé sur les compteurs ; le poids d'un pied cube de cette eau a été mesuré à un grand nombre de reprises différentes, de sorte qu'on a pu suivre exactement le poids d'eau entré dans les chaudières pendant la durée de l'essai, et, par conséquent, le poids d'eau d'alimentation par cheval et par heure.

Le nombre de calories correspondant à un cheval par heure s'obtient en prenant le nombre de calories absorbé par un kilogramme de vapeur, c'est-à-dire le nombre de calories d'un kilogramme de vapeur à la pression de la chaudière, moins le nombre de calories contenu dans un kilogramme d'eau à la température de l'alimentation et en multipliant ce nombre par celui des kilogrammes d'eau d'alimentation qui correspondent à un cheval par heure.

L'expansion de la vapeur est le quotient du volume du grand cylindre, augmenté du volume des espaces neutres d'une extrémité du même cylindre, divisé par le volume décrit par le petit piston au moment de la fermeture de l'admission, augmenté du volume des espaces neutres d'une extrémité du petit cylindre.

Pour la marche avec le grand cylindre seul, on a divisé le volume de ce cylindre augmenté des espaces neutres d'une des extrémités par le volume décrit pendant l'admission, plus les espaces neutres de la même extrémité.

Le poids de vapeur indiqué par cheval a été obtenu comme suit : on prend le volume décrit pendant l'admission par le piston, on y ajoute le volume des espaces neutres d'une extrémité du cylindre, on multiplie cette somme par le poids spécifique de la vapeur à la pression correspondant au point de fermeture; on déduit ensuite de ce poids celui de la vapeur contenue dans les espaces neutres, en se servant pour cela du volume et de la densité de la vapeur au commencement de la compression ou à la fin de la course.

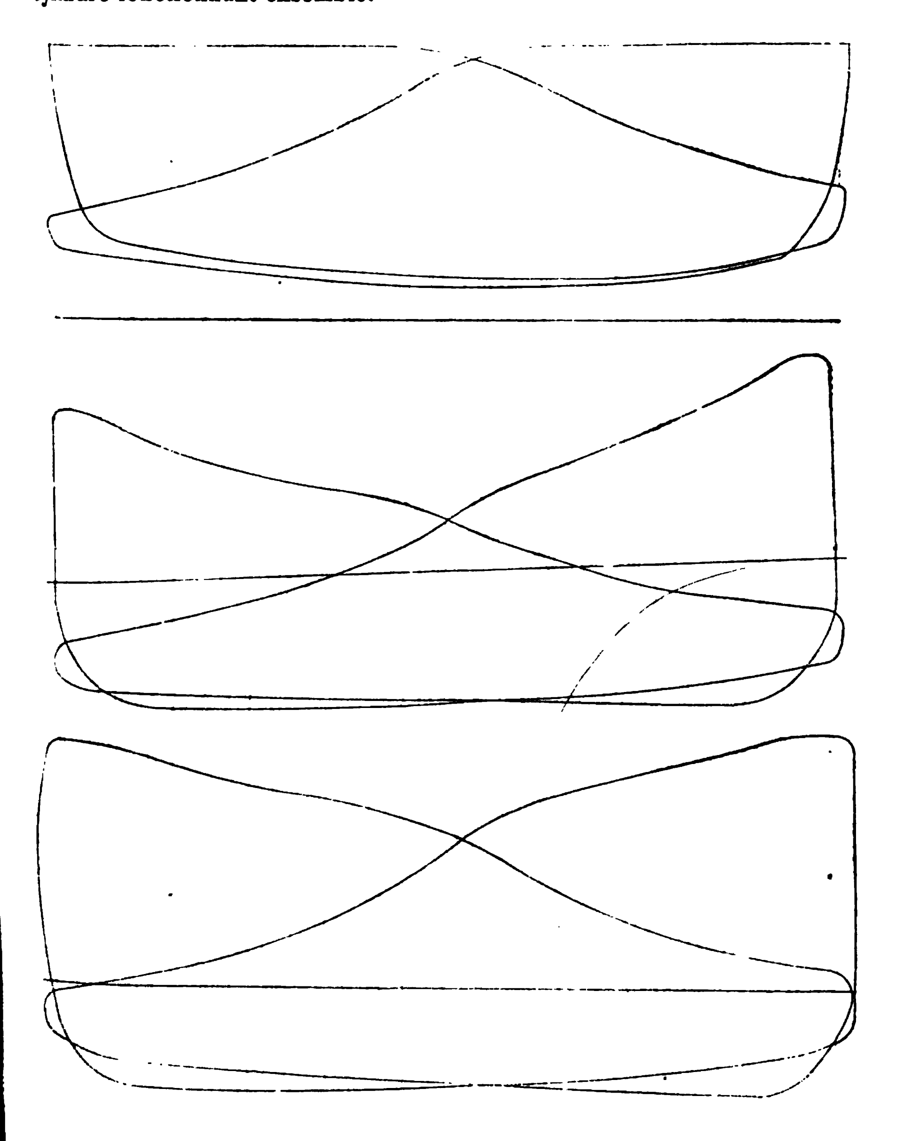
Le poids ainsi obtenu est doublé, puis multiplié par le nombre de tours à la minute, et par 60 pour avoir le poids par heure, et divisé par le nombre de chevaux développé par la machine.

Le poids d'eau de condensation a été calculé en prenant le nombre de calories correspondant à la production d'un cheval par heure $\frac{33\,000 \times 60}{772}$ en mesures anglaises, ce qui correspond en mesures francaises à $\frac{270\,000}{425} = 635{,}3$ et en retranchant ce nombre de celui des calories passant par cheval dans la machine. La différence est la quantité de chaleur que doit absorber l'eau de condensation. En prenant les températures d'entrée et de sortie de celle-ci et en divisant la quantité de chaleur à absorber par la différence de température, c'est-à-dire par l'échauffement de l'eau de condensation, on a le poids total d'eau de condensation. Cette manière d'opérer est très sommaire, puisqu'elle ne tient pas compte des pertes par conductibilité, rayonnement, etc., mais comme il n'est pas fait usage de cette quantité

qui n'est donnée qu'à titre de renseignement, c'est sans grande importance.

Il serait à désirer toutefois qu'on pût, en pareille occasion, jauger à peu près rigoureusement le volume d'eau passant par le condenseur, parce qu'on aurait ainsi directement la quantité de chaleur sortant de la machine ce qui permettrait l'analyse complète du fonctionnement, au point de vue de la répartition du calorique introduit dans l'appareil.

Nous donnons ci-dessous trois spécimens des diagrammes d'indicateur relevés sur la machine du *City of Fall-River*, le premier correspondant au grand cylindre fonctionnant seul, les deux autres au petit et au grand cylindre fonctionnant ensemble.



	DATES DES ESSAIS				
	3 Mai A	4 Mai B	9 Mai C	10 Mai D	7 Juin E'
Pression moyenne aux chaudières	4^{k},86	4^{k},90	4^{k},97	4^{k},97	2^{k},02
Pression moyenne au réservoir intermédiaire	0,71	0,75	0,78	0,78	»
Ouverture de la valve	en grand	en grand	en grand	en grand	3/8
Admission effective au petit cylindre	»	»	»	0,445	»
Admission virtuelle au petit cylindre	»	»	»	0,548	»
Admission virtuelle au grand cylindre	»	»	»	0,488	0,445
Expansion totale	»	»	»	6.989	2.168
Hauteur du baromètre	0^{m},773	0^{m},774	0^{m},774	0^{m},772	0^{m},770
Vide au condenseur	0,708	0,708	0,723	0.718	0.683
Nombre de tours par minute	28.53	25,91	25,53	25.71	23.87
Poids d'eau d'alimentation par heure	12095	12557	12529	12618	15978
Température de l'eau d'alimentation	40°,0	38°,6	36°,1	36°,1	43°,8
Température de l'atmosphère	27,7	23,6	25.5	25,2	28
Température de l'eau de mer	8,5	8,7	9,5	9,6	15,1
Température de l'eau à la sortie du condenseur	35,3	33,6	31,6	32,2	40
Vitesse du navire à l'heure en *statute miles*	17.5	15.94	16	17,3	15
Recul en centièmes mesuré au centre de pression des aubes	10.2	»	20.4	»	»
Tirant d'eau moyen	3^{m},26	3^{m},20	3^{m},26	3^{m},25	3^{m},23
Déplacement correspondant en tonneaux	1498	1908	1948	1938	1928
Pression à l'indicateur au petit cylindre — au commencement de la course	»	»	»	5^{k},82	»
— au point virtuel de fermeture de l'admission	»	»	»	5.27	»
— à la fin de la course	»	»	»	3.03	»
— derrière le piston au commencement de la course	»	»	»	5.33	»
— moyenne effective	2.89	2.95	2.93	2.97	»
Pression à l'indicateur au grand cylindre — au point virtuel de fermeture de l'admission	»	»	»	1.24	2 04
— à la fin de la course	»	»	»	0.68	1.05
— moyenne derrière le piston	»	»	»	0.35	»
— derrière le piston au commencement de la course	»	»	»	0.92	1.27
— moyenne effective	0.87	0.87	0.89	0.88	1.53
Puissance en chevaux indiqués — petit cylindre haut	361.84	370.51	362.45	369.74	»
— id. bas	396.52	407.45	406.33	413.18	»
— grand cylindre haut	423.04	340.09	433.46	432.05	652.13
— id. bas	396.90	407.28	408.90	407.06	694.85
— totale	1578	1615	1611	1622	1347
Poids d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure	7^{k},69	7^{k},80	7^{k},83	7^{k},78	11^{k},86
Calories par cheval indiqué et par heure	4710	4788	4841	4789	7158
Poids de vapeur présent au petit cylindre au point virtuel de fermeture de l'admission	»	»	»	11359	»

	DATES DES ESSAIS				
	3 Mai A	4 Mai B	9 Mai C	10 Mai D	7 Juin E
Poids de vapeur présent au petit cylindre à la fin de la course	»	»	»	11531	»
Poids de vapeur présent au grand cylindre au point virtuel de fermeture de l'admission	»	»	»	9375	14145
Poids de vapeur présent au grand cylindre à la fin de la course	»	»	»	10057	14405
Poids de vapeur par cheval indiqué et par heure — au point virtuel de fermeture de l'admission au petit cylindre	»	»	»	7.01	»
Poids de vapeur par cheval indiqué et par heure — à l'ouverture à l'échappement du petit cylindre	»	»	»	7.17	»
Poids de vapeur par cheval indiqué et par heure — au point virtuel de fermeture de l'admission au grand cylindre	»	»	»	5.78	10.50
Poids de vapeur par cheval indiqué et par heure — à l'ouverture à l'échappement du grand cylindre	»	»	»	6.26	10.69
Eau de circulation au condenseur par cheval indiqué et par heure	151 l	166 l	188 l	184 l	261 l

Le rapport de MM. Sague et Adger contient à la suite de ce tableau un aperçu sur le rendement thermodynamique de l'appareil basé sur la méthode de Rankine; il en résulterait que, le poids d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure nécessaire pour effectuer le travail avec des cylindres imperméables au calorique étant de 6kg,30 et le poids d'eau consommé dans les essais précédents étant en moyenne de 7kg,70, la différence représentant les quantités de vapeur perdues par la condensation due aux parois des cylindres et par les autres pertes dont ne tient pas compte la théorie est de 1,4, soit une augmentation de 22 pour 100.

Il nous paraît intéressant de rapprocher les uns des autres les poids de vapeur par cheval indiqué, mesurés à divers points du diagramme, et d'indiquer leur rapport avec le poids d'eau d'alimentation rapporté à la même unité, ce que ne donne point le mémoire original.

Voici ces chiffres en valeurs absolues et relatives pour les essais D et E, qui sont malheureusement les seuls pour lesquels les renseignements soient complets.

		FONCTIONNEMENT Compound D		FONCTIONNEMENT ordinaire E	
Par cheval indiqué et par heure	Eau d'alimentation.........	7k,78	1	11.86	1
	Vapeur comptée au point virtuel de la fermeture de l'admission au petit cylindre...	7,01	0,900	»	»
	Vapeur comptée à l'ouverture à l'échappement du petit cylindre...............	7,17	0,922	»	»
	Vapeur comptée au point virtuel de la fermeture de l'admission au grand cylindre..	5,78	0,743	10.50	0,885
	Vapeur comptée à l'ouverture à l'échappement du grand cylindre...............	6,26	0,805	10.69	0,901

On voit par ce tableau que l'eau condensée à l'admission est loin d'être complètement évaporée à la fin de la détente au grand cylindre, et qu'on ne saurait calculer la dépense de vapeur d'après les éléments du diagramme; il s'en faudrait de 20 pour 100 pour le fonctionnement Compound et de 10 pour 100 pour le fonctionnement ordinaire. On ne peut attribuer cette différence à l'eau entraînée mécaniquement avec la vapeur, dont la proportion, comme on l'a indiqué précédemment, n'a pas dépassé un taux presque négligeable, 0,97 pour 100 pour le 10 mai.

On voit également par les deux essais comparatifs D et E que le plus ou moins de rapprochement entre le poids final de vapeur mesuré à l'indicateur, et le poids réel dépensé n'est nullement une indication relative au fonctionnement avantageux de l'appareil, puisque, malgré l'écart considérable des deux valeurs en question, la machine a, dans l'essai D, dépensé 30 pour 100 de vapeur de moins pour la même puissance que dans l'essai E.

La machine du *City of Fall River* a un rendement calorique élevé. En effet, si on recherche la quantité de chaleur fournie à la machine par cheval, on a d'abord pour l'essai D 7kg,78 d'eau d'alimentation contenant $0{,}9923 \times 7{,}78 = 7^{kg},72$ de vapeur à 6 kilogrammes de pression absolue, soit 157,9 degrés centigrades et $0{,}0067 \times 7{,}78 = 0^{kg},06$ d'eau à la même température.

On a $7^{kg}72 \times (606{,}5 + 0{,}305 \times 157{,}9) = 5053{,}97$
$0{,}06 \times 159{,}6 \ldots\ldots\ldots\ldots = 9{,}58$

Total...... 5063,55

Cette quantité de chaleur a agi entre les limites de température 157°,9 température de la vapeur à la chaudière et 32°,2 température de l'eau à la sortie du condenseur.

Or, dans ces conditions, le travail maximum qu'on peut recueillir d'une calorie est, d'après la thermodynamique

$$425 \times \frac{273 + 157^{\circ},9 - 273 - 32^{\circ},2}{273 + 157^{\circ},9} = 123,67$$

C'est donc, pour la quantité de chaleur fournie à la machine par cheval indiqué, 5063,55 × 123,67 = 626 209 kilogrammètres; on n'en a recueilli sur le piston que 270 000, valeur d'un cheval par heure, le rendement calorique est donc de

$$\frac{270\,000}{626\,209} = 43,12 \text{ pour } 100.$$

Si on fait le même calcul pour la machine fonctionnant comme machine ordinaire dans l'essai E et dépensant 11,86 kilogrammes de vapeur supposée au même degré d'humidité que précédemment et à $3^{kg},05$ de pression absolue aux chaudières avec sortie de l'eau de condensation à 40 degrés, on trouverait que chaque cheval a absorbé 7623,69 calories.

Cette quantité de chaleur pouvait donner, entre les limites de température de 133,18 et 40 degrés, un travail maximum de 97.32 × 7,623.69 = 741 938 kilogrammètres; le rendement calorique est donc de

$$\frac{270\,000}{741\,938} = 36,5 \text{ pour } 100.$$

Ce chiffre est notablement inférieur au précédent, mais la différence des rendements ne suffit pas pour donner la mesure de la supériorité d'une des machines sur l'autre, car elles appartiennent à deux types, dont l'un est plus avantageux, puisqu'il utilise la chaleur dans des limites plus étendues; si on prend les valeurs qui représentent le travail maximum à recueillir d'une calorie, soit respectivement 123,67 et 97,32 et qu'on les multiplie par les rendements caloriques respectifs 0,4312 et 0,364 on a les deux valeurs 53,30 et 35,42, dont le premier donne une augmentation de 50 pour 100 sur la seconde.

C'est une autre manière de présenter la différence de consommation des machines à travail égal; en effet, les consommations de vapeur par heure et par cheval indiqué étant de $7^{k},78$ et $11^{k},86$, dans la première machine le même poids de vapeur a fait un travail de $\frac{1186 - 7.78}{7.78} = 52\ 1/2$ p. 100 supérieur.

Voici, à notre avis, les conclusions à tirer de ces essais si intéressants. Tout en émettant le regret qu'ils n'aient pas fourni à la question tous les éléments nécessaires pour son élucidation complète, nous nous expliquons parfaitement les difficultés qu'ont eu à vaincre les expérimentateurs pour obtenir des résultats de cette nature sur une machine en service régulier, et

on doit leur avoir la plus grande reconnaissance pour avoir contribué à la question des machines marines par des documents d'une aussi haute valeur.

On remarquera que les cylindres du *City of Fall River* n'ont pas d'enveloppes de vapeur. Il n'en résulte probablement pas un grand accroissement de consommation pour la machine Compound, mais il n'en est pas de même pour la machine ordinaire. En somme, si on considère que la première fonctionnait avec près de 5 kilogrammes de pression effective aux chaudières et près de 7 volumes d'expansion, tandis que la seconde ne marchait qu'à 2 kilogrammes de pression effective et 2,2 volumes d'expansion, on doit admettre que la comparaison s'est opérée entre une bonne machine Compound et une machine ordinaire fonctionnant dans des conditions très inférieures. Il ne faut donc pas tirer, sous ce rapport, de grands enseignements de cette comparaison.

Mais il est parfaitement légitime de se placer à un autre point de vue et de dire que la réduction de la pression et de l'expansion sont des nécessités du système ordinaire, surtout lorsqu'il est appliqué à des machines à balancier du type américain, où l'exagération des efforts et leur grande variation peut amener des accidents graves du genre de celui que nous avons rapporté dans la Chronique de juin 1884, page 727. La machine du *City of Fall River*, privée de son petit cylindre, est dans les conditions de toutes les machines des bateaux américains de l'Est. L'essai que nous venons de relater avait pour but de rechercher quel avantage on pouvait obtenir d'une pression plus élevée et d'une plus grande détente réalisées à l'aide des moyens les plus convenables. Les résultats ne laissent aucun doute sur la nécessité de modifier des modèles de machines restés immuables depuis plus d'un demi-siècle.

Nous n'attachons pas une très grande importance à l'argument fondé sur ce que les chaudières, ayant eu à produire à la marche ordinaire plus de vapeur, l'ont produite dans des conditions plus onéreuses ; cet argument ne touche que la consommation de charbon et non celle de vapeur; de plus, les chaudières étaient assez largement proportionnées pour n'avoir pas eu à être surmenées; en effet, dans l'essai E chaque mètre carré de surface de chauffe a vaporisé *grosso modo* 25 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure et, en prenant les poids de combustible brûlés, chaque mètre carré de grille n'aurait pas eu à bruler plus de 90 kilogrammes de combustible à l'heure ; ces valeurs rentrent absolument dans les limites de bon fonctionnement des générateurs marins.

En résumé, y compris les essais ou en dehors de ceux-ci, il a été fait 14 parcours entre New-York et Fall River du 15 mai au 2 juin 1883, la machine fonctionnant comme machine Compound. La durée moyenne des parcours a été de 11 heures 12 minutes, et la consommation moyenne de combustible de 20,65 tonnes.

Il a été fait, avec la machine fonctionnant comme machine ordinaire, 12 parcours semblables du 4 au 10 juin. La durée moyenne de chaque

parcours a été de 11 heures 57 minutes et la consommation moyenne de combustible de 27,42 tonnes.

Si on déduit de part et d'autre 3 tonnes, pour maintien des chaudières en pression dans le port, service de la chaudière des treuils, cuisine et autres consommations accessoires comprises dans le total du charbon brûlé à bord, il restera respectivement 17,65 tonnes et 24,42 tonnes pour la consommation de marche dans les deux modes de fonctionnement, ce qui constitue une différence de 6,77 tonnes par parcours, soit une réduction de 27,7 pour 100 en faveur du fonctionnement compound.

Alimentation d'eau de l'expédition du Soudan. — On sait que les Anglais s'occupent d'établir une voie ferrée partant de Souakim et se dirigeant sur Berber, pour leur expédition du Soudan. La grosse question est l'alimentation d'eau suffisante pour une armée en campagne. Le seul moyen de s'en procurer d'une manière sûre et pour ainsi dire illimitée est de distiller de l'eau de mer à Souakim. Nous avons exposé, dans la Chronique d'octobre 1882, page 486, les importantes installations faites à Alexandrie pour alimenter la ville privée d'eau par l'obstruction du canal Mahmoudieh. Celles de Souakim ne seront pas moindres. Elles comprendront tout d'abord dix machines distillatoires avec filtres, dont chacune pourra donner 29,000 litres d'eau douce par 24 heures; c'est donc un volume journalier total de 290 mètres cubes.

La vapeur sera fournie aux appareils distillatoires par deux chaudières de 1100 chevaux indiqués et une chaudière auxiliaire de 200 chevaux alimentera les machines des pompes de circulation.

Ces pompes seront au nombre de trois dont deux seront en service et la troisième en réserve, chaque pompe pourra faire passer 700 mètres cubes d'eau à l'heure dans les réfrigérants.

Ces installations ne seront, paraît-il, pas placées à terre, mais à bord de navires dans le port. Celles dont nous venons de parler sont disposées à bord du navire télégraphique le *Calabria* qui, outre ses cuves à câbles pouvant contenir 750 mètres cubes d'eau, a encore reçu 48 réservoirs de 2 000 litres; de sorte qu'il pourra avoir une capacité totale de près de 800 000 litres d'eau douce qui sera envoyée à terre, suivant les besoins, dans des bateaux.

Une installation analogue est faite à bord d'un autre navire télégraphique, le *Magneta;* elle comprend deux condenseurs, l'un de 20 000 litres et l'autre de 45 000. Un troisième steamer télégraphique, l'*Électra*, doit être également disposé dans le même but.

Quant au transport de l'eau le long de la ligne du chemin de fer, il se fera par une double ligne de conduites partant de Souakim. Le *War Office* vient de passer à cet effet un contrat avec MM. Edwards et Tweedle, dont le second a une expérience de vingt-cinq ans dans la pose des conduites de pétrole en Pensylvanie et dans le Caucase. Le diamètre de cette conduite formée de tubes en fer ne sera que de 4 pouces ($0^m,101$). Des tubes

pour une première section de 80 kilomètres, les machines, chaudières et pompes sont déjà en route ainsi qu'une équipe d'ouvriers habitués à la pose de ces conduites.

Les stations où seront établies en double les machines pour refouler l'eau dans la conduite seront établies à des distances de 40 à 50 kilomètres les unes des autres. Les machines Compound à condensation sont du système américain de Worthington et viennent des États-Unis; elles pourront refouler l'eau à la pression de 140 mètres; l'eau pourra être obtenue à un point quelconque de la conduite à raison de 680 litres par minute. On a proposé de poser les tubes en zigzag pour prévenir les effets de la dilatation dans le sable chauffé par le soleil brûlant du désert.

Là-dessus les érudits n'ont pas manqué de se mettre en campagne et de démontrer que le transport de l'eau par des conduites dans le désert était renouvelé de l'antiquité. D'après Hérodote, du temps des rois pasteurs, on aurait employé des tuyaux en cuir de bœuf pour transmettre l'eau d'une rivière à des citernes situées dans le désert arabique à une distance de 300 kilomètres, ou douze journées de marche.

Origine du mot *tramway*. — On sait qu'on est loin d'être d'accord sur l'origine du mot *tramway*. La question a été récemment traitée par M. A. W. Wright à la *Western Society of Engineers,* à Chicago. Nous allons rapporter les principales suppositions faites sur l'origine du mot dont il s'agit, en faisant remarquer que les Américains sont moins intéressés que personne dans la question, puisque le mot *tramway* est inconnu chez eux; l'expression *street railroads* y est seule en usage.

L'emploi du mot tramway n'est pas ancien à Paris; on se souvient que la première ligne établie, celle qui partait de la place de la Concorde et suivait les quais de la Conférence et de Passy, était désignée sous le nom de chemin de fer américain, par abréviation l'*Américain.*

M. Wright est d'avis qu'il est inexact d'attribuer l'origine du mot tramway à une abréviation de Outram, nom d'un ingénieur qui aurait construit une voie de ce genre vers 1800 dans le comté de Derby en Angleterre; c'est une opinion assez répandue.

On lit dans l'*Engineers and Mechanic's Encyclopædia* d'Hébert, 1838, au titre « Railway » : « Le plus ancien document que l'on trouve sur les railways est dans la vie de lord Keeper North, d'où il résulterait que, vers 1670, on s'en servait à Newcastle pour le transport des charbons des mines aux ports d'embarquement sur la Tyne. Ces railways étaient en bois [1] et formés simplement d'un platelage posé sur le sol; on les améliora en établissant des guides de chaque côté pour empêcher les roues de s'écarter; puis on remplaça le platelage en bois par des plaques de fonte ayant également des rebords pour guider les roues, ces plaques portaient

1. L'expression railway est beaucoup plus large que notre mot chemin de fer; on peut dire un railway en bois, en pierre, etc., tandis qu'avec l'emploi des rails d'acier, le mot chemin de fer ne sera bientôt plus qu'une expression figurée.

le nom de *Tram-plates*. On attribue leur introduction à M. Carr, en 1776, aux houillières de Sheffield. »

Wood dans son traité des chemins de fer, paru en 1825, dit que les rails en fonte à rebord furent adoptés vers 1767 et qu'en 1800 M. Benjamin Outram remplaça les traverses en bois sur lesquelles on les posait par des dés en pierre, au chemin de fer de Little Eaton. Cet ingénieur n'avait d'ailleurs pas le mérite de l'invention, car un chemin de fer avait déjà été établi avec ce mode de pose de voie en 1797 dans le voisinage de Newcastle par un ingénieur nommé Barnes. De plus aucun document de l'époque ne permet d'attribuer à Outram un rôle assez considérable dans l'histoire naissante des chemins de fer pour justifier l'application d'une partie de son nom à la désignation d'une variété de voie de transport.

On trouve dans le *Civil Engineers and Architect's Journal* de janvier 1849 une lettre où est relevée une erreur commise en attribuant la qualification de tramway au chemin de fer de Stockton à Darlington. L'auteur de la lettre dit que cette ligne était bien un railway et non un tramway ou wagon-way. Les trois expressions ont pris naissance dans les houillères de Durham et du Northumberland et ont des significations bien distinctes. Les tramways sont employés au fond de la mine pour amener les charbons aux puits, il ont quelquefois 6 à 8 kilomètres; la voie est à l'écartement de 0^m,46 (1 1/2 pied). Les véhiculés qui y circulent sont de petits chariots appelés *trams* (d'où le mot tramway), qui portent les paniers contenant le charbon. Avant les trams et les tramways on se servait de brouettes qui recevaient les paniers à charbon et dont les roues portaient sur un chemin de roulement avec rebords; on appelait ce chemin *barrow-way*; le remplacement de cette disposition primitive par les trams et les tramways remonte à plus de 150 ans.

Les mots Tram, Tramway et Railway, ne figurent pas dans le dictionnaire de Samuel Johnson; mais dans le dictionnaire de Worcester, 1846, dans les mots ajoutés au dictionnaire de Johnson, figurent les mots Tram et Tramway avec, pour le premier, sorte de charriot ou wagon à quatre roues et, pour le second, voie disposée pour la circulation facile de trains ou wagons et formées de pièces de bois, dalles de pierre, plaques de fonte ou barres de fer sur lesquelles portent les roues; c'est une sorte de railway qui permet le passage de véhicules munis de roues ordinaires et sert au transport des bois, pierres, charbon, etc. On l'appelle également Tramway et Truck-way.

D.K. Clarke, dans son *Traité des Tramways*, dit : D'après Nutball, tram veut dire essieu de chariot, c'est aussi le nom local d'un wagon à charbon, d'où est venu le mot tramway pour désigner une voie formée de pièces de bois, dalles de pierre ou plaques de fer pour la circulations des trams.

M. Smiles, dans sa *Vie des Stephenson*, s'exprime comme suit : En 1800, M. Benjamin Outram, de Little Eaton, comté de Derby, employa des dés en pierre au lieu de bois pour supporter les rails; comme cette méthode

devint d'un usage général, on donna à ces voies le nom de Outramroads et par abréviation de tramroads.

L'Encyclopédie britannique indique la même origine, mais ajoute que l'expression pourrait également venir du mot *trammel* qui signifie limite, arrêt, obstacle, attendu que la disposition employée a précisément pour but de limiter le déplacement transversal des roues en les guidant par des arrêts ou obstacles latéraux.

Skeat, dans son Dictionnaire étymologique de la langue anglaise, 1882, dit que tram est un vieux mot du nord de l'Angleterre désignant des chariots à charbon, notamment ceux qui circulent sur des rails. Il y a un acte du Parlement de 1794 autorisant la construction d'un « dram-road, tram-road ou railway en fer » entre Cardiff et Merthyr Tidvil. Il ajoute que, vers 1800, M. Benjamin Outram fit certains perfectionnements dans les voies ferrées lesquels donnent lieu à la croyance erronée que le mot tram-road était une abréviation de Outram-road ; cette opinion ne peut pas se soutenir; en admettant le principe de l'abréviation, la division des deux syllabes donnerait pour la seconde *ram* et non *tram*, de sorte qu'on aurait dit ram-way au lieu de tram-way. D'ailleurs le mot tram était employé dans les mines bien avant qu'il fût question de M. Outram. On trouve un document de 1555 relatif à l'amélioration de la route ou *tram* de Bridgegait à Barnard Castle. Tram désigne probablement dans ce cas ce que les Anglais et Américains appellent *log-road*, c'est-à-dire une route formée de bois ronds juxtaposés transversalement.

M. Wright, pour résumer, conclut que l'étymologie d'Outram doit être complètement écartée et que l'origine du mot tramway doit être rapportée à l'expression déjà ancienne de tram, laquelle n'est peut-être pas elle-même sans parenté avec le mot trammel dont la signification a été indiquée plus haut.

Quant à l'usage de l'expression pour désigner les chemins de fer transportant les voyageurs dans les rues des villes, il ne remonterait, d'après M. Wright, qu'à 1860, époque où ces voies de communication furent introduites en Angleterre par Georges Francis Train.

Éclairage électrique de l'Atlantique. — Les journaux américains s'occupent d'un projet dont l'utilité pour la navigation transatlantique serait capitale et dont l'exécution ne présenterait aucune difficulté sérieuse ; c'est simplement une question d'argent et l'importance de la dépense est sans aucune proportion avec les avantages à recueillir. Il ne s'agit de rien moins que de l'éclairage par l'électrité de la route que suivent les navires se rendant de la Manche aux États-Unis entre la côte d'Irlande et le banc de Terre-Neuve.

Cet éclairage s'effectuerait au moyen de dix feux flottants de grande puissance disposés à 200 milles de distance l'un de l'autre en ligne droite. Ces bateaux-phares seraient amarrés au moyen d'ancrages leur permettant de suivre en hauteur les mouvements des marées sans changer de place.

Ils seraient reliés entre eux et avec les côtes des deux continents par des câbles électriques et formeraient des stations télégraphiques où les navires pourraient recevoir et laisser des communications. En dehors de la question de l'éclairage, l'utilité de ces stations est évidente ; en cas d'avaries ou de sinistres, on connaîtrait très approximativement la position du navire en péril ou manquant. Quant à l'éclairage nocturne, il ne faut pas oublier que la ligne directe entre l'entrée de la Manche et Terre-Neuve commence à être si parcourue que la compagnie Cunard, la plus ancienne des compagnies transatlantiques, laquelle se glorifie de n'avoir jamais éprouvé de sinistres sur sa ligne des États-Unis, préfère, pour maintenir cette sécurité traditionnelle, s'écarter de cette grande route tracée idéalement sur l'Océan, au prix d'un allongement de parcours. Les stations télégraphiques marines rendraient aussi d'importants services en prévenant les navires du passage fréquent des banquises de glace dans ces parages à la fin de l'hiver.

Chemins de fer à crémaillère. — Nous avons fréquemment entretenus nos collègues des chemins de fer à fortes rampes à crémaillère centrale établis par M. Riggenbach. L'Académie des Sciences a, dans sa séance publique annuelle du 23 février dernier, décerné le prix Montyon de mécanique à cet habile ingénieur, sur la proposition d'une commission composée de MM. Phillips, Tresca, Rolland, Lévy et Resal, rapporteur.

Voici le rapport de cette commission : « La commission du prix de mécanique décerne ce prix à M. Riggenbach, ingénieur à Olten (Suisse), pour la construction des chemins de fer de montagnes et en particulier pour une bonne disposition de la crémaillère comme rail central, l'emploi de l'air avec injection d'eau faisant office de contre-vapeur à la descente et subsidiairement son chariot porte-aiguille.

Ce système de chemins de fer est aujourd'hui appliqué avec succès en Suisse, en Autriche-Hongrie, au Brésil et sur les bords du Rhin avec des pentes comprises entre 10 et 25 pour 100.

La première ligne établie dans ce système relie Vitznau au Rigi Kulm et a été mise en exploitation en 1870[1]. »

1. La description complète de ce chemin de fer a été donnée dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1871, pages 281 et suivantes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1885.

Rapport de M. Haton de la Goupillière sur une **nouvelle méthode de fabrication des agglomérés**, de M. Bietrix, à la Chaleassière, Saint-Étienne.

Le dispositif présenté par M. Bietrix contient des innovations, tant dans la préparation de la pâte que dans l'engin d'agglomération.

Le four malaxeur est de forme circulaire, à sole tournante mise en mouvement en même temps que la machine à compression. Cinq ouvertures permettent de brasser les matières et de régler l'épaisseur de la couche et la durée de son séjour dans le four, et la sixième sert à la sortie de la pâte.

La machine à agglomérer présente deux arbres portant chacun une manivelle et une bielle, ces dernières attelées à un joug qui appuie sur le piston mouleur, et opère la compression; mais, par une disposition ingénieuse, lorsque le piston mouleur a opéré un certain degré de serrage auquel la matière se coince et refuse d'avancer, ce piston mouleur devient fixe et le reste de la compression s'opère par un autre piston mouleur placé en dessous et relié par un balancier au joug de commande de l'autre piston.

En l'absence des figures nécessaires pour faire comprendre ce mode d'action, nous nous contenterons de dire que le mouvement s'accomplit en trois temps : 1° compression supérieure par le piston mouleur; 2° compression remontante par le second piston mouleur; 3° quand le degré voulu est atteint, retraite des ressorts pour laisser passer le point mort, sans insister davantage sur la compression.

La pression peut atteindre 300 kilogrammes par centimètre carré.

Rapport de M. Prillieux sur le **Pal de M. Gastine**, pour la destruction du phylloxera par le sulfure de carbone.

Cet instrument, très simple et facile à manier, à l'aide duquel il est facile de doser et d'injecter, à une profondeur convenable dans le sol, la quantité de sulfure de carbone qui doit être employée dans les conditions spéciales où on opère, est usité sur une très grande échelle.

Il a été construit plus de 12000 de ces instruments. Il a, en effet, facilité singulièrement l'emploi du sulfure de carbone, dont il a été consommé en France, dans le dernier trimestre, plus de 120000 barils, ce qui correspond au traitement d'environ 60000 hectares.

Rapport de M. E. DUMAS sur les **Mosaïques de M. Paris.**

Rapport de M. ROSSIGNEUX sur l'**Impression en relief des étoffes de MM. Legrand** frères.

Souvenirs de voyage en Asie Mineure, par M. MEZIÈRE.

Rapport de la commission des substances explosives sur l'**Étude des dangers de transport des poudres, amorces et munitions.**

La question a été soulevée par les réclamations du commerce, qui se plaignait de voir l'exportation des poudres, amorces et munitions de provenance française, diminuer considérablement, par suite des exigences des entreprises de transport par voies de terre et de mer et des assurances. La Chambre de commerce de Paris émettait le vœu que des expériences, analogues à celles qui avaient été faites à Birmingham en 1869, permissent de déterminer le danger réel que présente le transport des diverses catégories de ces marchandises; en conséquence, le ministre de la guerre a institué une commission, présidée par M. Berthelot, pour faire des expériences, lesquelles ont été accomplies dans les conditions que nous allons indiquer.

Les munitions à éprouver ont été divisées en six groupes :

I. Douilles vides.

II. Amorces à percussion.

III. Amorces Flobert.

IV. Cartouches de revolver.

V. Cartouches de chasse.

VI. Détonateurs.

Les épreuves à faire ont été choisies comme suit :

1° Chute des caisses contenant les munitions;

2° Chocs violents à la température ordinaire;

3° Inflammation par ignition à la température ordinaire;

4° Inflammation au moyen d'une détonation à la température ordinaire;

5° Inflammation par suite d'incendie;

6° Chocs violents à une température voisine de 100 degrés;

7° Inflammation par ignition à une température voisine de 100 degrés,

8° Inflammation au moyen d'un détonateur à une température voisine de 100 degrés;

9° Chocs produits par une balle de fusil à la température ordinaire.

Les expériences ont été effectuées chez M. Gaupillat à l'usine des Bruyères de Sèvres.

Nous nous bornerons à donner le résumé des conclusions générales de la Commission.

Les douilles pour armes de chasse et armes portatives de guerre, c'est-à-dire ne renfermant chacune qu'une amorce chargée de 35 milligrammes de

composition fulminante ne constituent en aucune façon des munitions dangereuses ou inflammables et elles peuvent être assimilées comme transport aux marchandises ordinaires ; sauf le maximum du poids des colis à fixer à 100 kilogrammes, poids brut et quelques précautions d'emballage, les amorces et cartouches ne présentent pas de dangers spéciaux pour le transport par terre, par mer et par voies ferrées petite vitesse et le transport par voies ferrées grande vitesse peut en être autorisé, par colis au-dessous de 5 kilogrammes poids brut pour les amorces Flobert et les cartouches de revolver et, par colis au-dessous de 2kgs 50, pour les amorces et nos 1 et 3.

Quant aux détonateurs, la Commission ne les a soumis à aucune expérience et pense qu'on ne saurait nullement les assimiler aux autres munitions ; ils présentent en effet des dangers tout particuliers et la Commission ne peut que se référer à leur égard aux expériences faites en Angleterre.

Le rapport présenté par l'inspecteur des explosifs, colonel Majendie, à la suite de ces expériences, prescrit un emballage spécial ; les détonateurs et leurs interstices ainsi que les espaces compris entre eux et les parois de l'emballage doivent être remplis de sciure de bois ou matière analogue ; les extrémités des détonateurs doivent porter sur de la ouate ou autre matière douce et élastique ; l'emballage intérieur doit être placé dans une autre caisse avec un espace entre les deux de 75 millimètres au moins, laissé vide ou rempli avec de la sciure de bois, de la paille ou autre matière semblable.

Répartition de l'azote de la houille pendant la distillation, par M. W. Forster (traduit du *Journal of the Chemical Society*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Janvier 1885.

Rapport relatif à la mission en Belgique de MM. Brame, inspecteur général des ponts et chaussées, et Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines.

Ce rapport traite les questions suivantes :

1° Statistique législative et tarification des chemins de fer belges ;

2° Méthodes et appareils employés pour assurer la sécurité de la circulation tant sur la voie unique que sur la double voie ;

3° Données statistiques sur le développement du block-systèm en Belgique ;

4° Dromoscope et Dromopétard Le Boulengé;

5° Systèmes relatifs aux aiguilles;

6° Systèmes de signaux;

7° Disposition d'un poste important de leviers Saxby et Farmer;

8° Données statistiques sur les appareils d'embranchement Saxby et Farmer.

9° Dispositions d'enclenchement de barrières, des butoirs et des ponts tournants;

10° Dispositions spéciales des tiges d'appareils Saxby et Farmer au passage des ponts tournants;

11° Moyens de rendre plus apparents les appareils faisant saillie sur les voies dans les gares;

12° Graphiques spéciaux;

13° Conclusions.

Nous croyons devoir reproduire *in extenso* ces dernières.

Les descriptions qui font l'objet de ce rapport montrent que, si l'on ne trouve sur les chemins de fer belges rien d'absolument nouveau, on y rencontre, du moins, nombre d'appareils et de dispositions intéressants.

Il y aurait évidemment utilité pour les ingénieurs d'un pays à être au courant de tous les systèmes adoptés à l'étranger et même de tous les essais qui y sont tentés. Ils sauraient ainsi, à la fois, et ce qu'il est avantageux de faire et ce qu'il ne convient pas d'essayer, l'expérience ayant déjà été faite sans donner de résultats favorables.

Il est regrettable, par conséquent, de ne pas avoir, dans chaque pays, un centre de renseignements mis à la disposition de tous les ingénieurs.

Les revues techniques donnent, il est vrai, des mémoires et des notes; mais, d'une part, aucun de ces recueils ne donne et ne peut donner des détails précis sur toutes les questions et, d'un autre côté, les recherches pour y trouver un renseignement sont longues et difficiles.

En terminant leur rapport, les auteurs croient donc devoir appeler l'attention de M. le Ministre des Travaux publics sur la lacune qu'ils viennent de signaler et sur les avantages qu'offrirait la création en France d'un centre de renseignements pour tout ce qui concerne l'exploitation technique des chemins de fer.

Note complémentaire de la RÉCLAMATION DE PRIORITÉ DE M. LALANNE insérée à la page 520 du 1er semestre de 1884 des *Annales* (Voir comptes rendus d'août 1884 page 174).

Note sur l'**Emploi des nombres primordiaux dans les calculs avec des tables ou avec des règles logarithmiques**, par M. DE PERRODIL, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur le **Traité d'hydraulique**, de M. GRAEFF, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. FLAMANT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Note sur la **Construction des murs de quai de la darse ouest du neuvième bassin à flot du port du Havre**, par M. E. Widmer, ingénieur des ponts et chaussées.

Le développemeut des quais de cette darse est de 1 260 mètres, dont les deux tiers ont dû être établis dans l'anse de l'Eure, sur un terrain arasé en moyenne à 4 mètres au-dessus du zéro des cartes et recouvert à chaque marée de 2 à 4 mètres d'eau. Les murs ont été fondés à 3m,85 en moyenne au-dessous du zéro des cartes; le sous-sol est à peu près entièrement formé d'une couche de glaise moyennement compacte.

Les murs ont été exécutés au moyen d'une série de puits en maçonnerie formés de blocs de 10 mètres sur 6m,70 et 8 mètres de hauteur, avec un vide central de 5m,60 sur 2m,30. L'espace entre les blocs est de 1 mètre.

Le nombre de puits a été de 84, représentant un cube total de 45 000 mètres.

Les blocs sont posés sur la glaise sans interposition d'un rouet en charpente; l'épuisement est fait à l'intérieur avec des pompes centrifuges mues par la vapeur et le déblai se fait par des hommes remplissant des bennes enlevées par des treuils à vapeur; après un premier enfoncement de 4m,50, on reprend la maçonnerie et on l'élève jusqu'à hauteur définitive, puis on la laisse durcir vingt jours avant de reprendre le fonçage. Le vide intérieur est ensuite rempli de béton.

Le prix d'application pour le fonçage est de 19 fr. 40 par mètre cube, comprenant déblais, enlèvement et transport, descente des blocs, épuisements, installation et matériel; le volume du bloc est mesuré extérieurement, déduction faite des parties qui font saillie au-dessus du sol.

Ces travaux ont été exécutés par notre collègue, M. Hallier, et un certain nombre de membres de la Société les ont visités au mois de mai 1883, lors de l'excursion faite au Havre au sujet du paquebot la *Normandie*.

Loi anglaise de 1882 sur les explosions de chaudières à vapeur, extrait d'un rapport à la commission centrale des machines à vapeur.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ETIENNE

Séance du 7 février 1885.

Communication de M. Choubley sur les **Aciéries Siemens de Blochairn**, d'après des renseignements extrait du journal *Stahl und Eisen*.

Cette aciérie, installée par la *Steel Company of Scotland*, près de Glasgow, comprend 12 fours Siemens Martin de 15 tonnes; le long des fours est une voie parcourue par une locomotive traînant une poche de coulée montée sur un wagon et que peut enlever une grue de 20 tonnes placée devant la fosse de coulée; celle-ci a 12 mètres de diamètre et est desservie par trois grues hydrauliques de 5 tonnes pour l'enlèvement des lingots.

Il y a deux séries de fosses Gjiers à six compartiments chacune, les unes pour lingots de 1 500 kilogrammes, les autres pour lingots de 3 000 kilogrammes.

Le train blooming a des cylindres creux en acier de $0^{m},560$ de diamètre; il est actionné par une machine à deux cylindres conjugués de $0^{m},914$ de diamètre et $1^{m},220$ de course.

On a dans l'installation recherché et obtenu les avantages suivants :

Marche générale méthodique, régulière et facile à contrôler;

Outillage très simple et bien dans la main;

Main-d'œuvre réduite au minimum;

Déchet de réchauffage et consommation de combustible très réduits;

Amélioration sensible dans la qualité et la régularité des produits.

Note de M. Zipperlen sur les **Recherches de pétrole à Gabian (Hérault).**

On sait qu'on a constaté depuis plusieurs siècles la présence du pétrole à Gabian; ce pétrole était exploité comme produit pharmaceutique et portait le nom d'huile de Gabian.

On fait actuellement des sondages pour trouver la nappe de pétrole, car jusqu'ici on n'a eu que des suintements. Le terrain appartient à l'époque tertiaire, période miocène; on y rencontre de puissants bancs de poudingues, de calcaires, marnes et grès.

On peut espérer voir bientôt le pays doté d'une nouvelle industrie qui sera une source de profits considérables et permettra d'éviter d'être, comme jusqu'ici, tributaire de l'étranger.

Note de M. Walton-Brown sur les **Rapports qui existent entre les tremblements de terre et les coups de grisou dans les mines.**

Communication de M. Buisson sur **Une grue électrique de 20 tonnes.**

C'est une grue installée dans la fonderie de M. Farcot, à Saint-Ouen, et sur laquelle la Compagnie électrique a installé une disposition de commande électrique. La machine génératrice est à 100 mètres de la grue et tourne à 1 550 tours; la réceptrice, placée sur la grue, tourne à 1 000 tours et peut développer quatre chevaux. On peut introduire des résistances pour faire varier la vitesse d'ascension. Le service de la grue qui exigeait dix hommes ne demande plus qu'un ouvrier.

Note de M. VUILLEMIN sur les **Bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais.**

Bibliographie. — Note de M. PERRIN sur le *Lever des plans souterrains*, par M. VILLET et sur le *Guide du niveleur*, par M. VERRINE.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 9. — 28 *Février* 1885.

Considération sur les formes de l'énergie du travail naturel disponible pour un but technique par F. Grashop.

Importance des descriptions et revendications dans les brevets d'invention, au point de vue des contestations en justice, par C. Fehlert.

Chauffage et ventilation.

Construction des ponts.

Groupe de Hanovre. — Alimentation d'eau des grandes usines.

Groupe de la Ruhr. — Usine à cuivre de Duisburg. — Usine dite Johanneshütte à Duisburg.

Patentes.

Bibliographie. — Application de la géologie à l'art de l'ingénieur, de C. I. Wagner.

Correspondance. — Canaux et chemins de fer.

Variétés. — Développement de l'électro-technique. — Appareil automatique extincteur et avertisseur d'incendie, de Grivell.

N° 10. — 7 *Mars* 1885.

Notes sur l'exposition du travail manuel à Dresde, par R. Schöttler, (*suite*).

Installation d'éclairage électrique de la nouvelle gare centrale de Strasbourg.

Disposition de chevalets pour puits de mines, par A. Haufs.

Groupe de Hanovre. — Mors et brides pour chevaux. — Fabrique de sucre de Linden. — Petits moteurs.

Patentes.

Bibliographie. — L'histoire du fer, du Dr Ludwig Beck. — Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Chaudière à soude de Honigmann. — Sur l'abus des termes étrangers.

N° 11. — 14 *Mars* 1885.

Fabrication des vis, de Herm. Fischer.

Élévation de température des fils métalliques dans l'étirage, par le Dr Ph. Forchheimer.

Moment de résistance des poutres en tôle assemblées par rivets, de Aug. Klönne.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Application du téléphone. — Chaudière à soude de Honigmann.

Patentes.

Bibliographie. — Théorie des accouplements entre locomotives et tenders, de Wilh. Hartmann.

N° 12. — 21 *Mars* 1885.

Fabrication des vis, de Herm. Fischer (*suite*).

Ventilateurs centrifuges par A. Geisler.

Filature et tissage. — Influence du blanchiment sur la résistance des tissus de coton.

Notice nécrologique sur Sydney Gilchrist Thomas.

Groupe de Francfort. — Résolution du groupe de Cologne.

Groupe de Manheim.

Groupe du Rhin moyen. — Chaudières à vapeur.

Groupe de Thuringe. — Soupapes des pompes de la distribution d'eau de Halle. — Mesure de la température dans les sondages profonds.

Patentes.

Bibliographie. — Album de l'usine de Burbach. — Dangers et maladies des ouvriers des industries chimiques et moyens d'y remédier, par le Dr M. Heinzerling. — Construction en Angleterre de tunnels pour chemins de fer souterrains et pour passage de rivière ou bras de mer, du Dr Ph. Forchheimer.

Correspondance. — Défenses mobiles. — Chaudière à soude de Honigmann. — Abus des termes étrangers.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Prix proposés par l'Association des chemins de fer. — Jubilé des chemins de fer.

BIBLIOGRAPHIE.

M. J. Rothschild, éditeur à Paris, a offert à la Société les ouvrages suivants :

1° **Rome**, 2me partie de **La Vie antique**, traduite sur la 4me édition de

E. Guhl et W. Koner, par M. Trawinski, avec annotations par M. Riemann et introduction par M. Alb. Dumont.

Cet important ouvrage, accompagné de 530 vignettes remarquablement exécutées, est la deuxième partie d'un manuel d'archéologie dont la première se rapporte à la Grèce. En dehors de l'intérêt général que présente ce volume, nous croyons devoir signaler plus particulièrement à nos collègues le chapitre qui est relatif aux constructions d'utilité publique.

Les Romains ont été dans l'art des constructions des maîtres encore admirés aujourd'hui, mais leur habileté s'est développée progressivement, et il y a une grande distance entre les grossiers ouvrages défensifs qui ont été les rudiments de l'art de bâtir pour les intérêts d'une communauté et des travaux comme les murailles de Rome du temps d'Aurélien, ou les ponts et aqueducs qui ont subsisté jusqu'à nos jours.

L'ouvrage que nous signalons nous fait passer en revue les divers modes d'exécution des maçonneries, la construction et la disposition des murs d'enceinte, celle des tours, des camps retranchés, dont on trouve, comme on sait, un assez grand nombre de ruines en France, les portes ou arcs, les routes dont les Romains avaient admirablement compris l'importance au point de vue de la vie pratique et de l'influence politique. Il nous est impossible de ne pas nous arrêter un instant sur ce sujet. Les Romains commencèrent à construire des routes dès que Rome commença à étendre son territoire, pour relier les provinces conquises au centre de l'État; au contraire des Grecs qui avaient l'habitude de se conformer à la nature et aux conditions du sol, les Romains n'envisageaient que les points extrêmes à relier et traçaient leurs routes en ligne droite sans s'occuper des accidents de terrain autrement que pour les franchir par des travaux considérables, se montrant en ceci les précurseurs des ingénieurs de nos premières voies ferrées importantes. On peut citer comme travaux de premier ordre la grotte de Pausilippe qui est un véritable tunnel parcouru journellement, encore actuellement, par des milliers de personnes, la traversée des marais Pontins par la voie Appienne, le pont de Fiora, le pont Fabricius, le pont de Trajan, le pont Aelius, etc.

Pour les travaux maritimes, la différence entre la manière d'opérer des Grecs et des Romains est la même; alors que les premiers, plus favorisés peut-être par la nature, se conformaient aux conditions du terrain, les Romains agissaient avec beaucoup plus d'indépendance et se passaient du concours de la nature lorsqu'elle ne le leur prêtait pas. Nous citerons le port de Trajan à Civita Vecchia, le port de Claude à Ostie, avec ses magasins qui sont la représentation des docks de nos jours.

Les travaux hydrauliques avaient une importance sur laquelle il est inutile d'insister; on trouvera d'intéressants renseignements sur le système d'égouts de Rome, sur les travaux effectués sous Claude pour dessécher le lac Fucino et repris et terminés avec succès dans ces dernières années, les distributions et conduites d'eau exigeant des travaux dont de magnifiques exemples ont subsisté jusqu'à nos jours.

On lira également avec intérêt les passages relatifs aux métiers et aux industries ; on sait combien les découvertes faites à Pompeï ont été utiles pour jeter du jour sur ces questions restées très obscures jusque-là ; on trouvait bien les objets confectionnés, mais on avait pas de renseignements sur la manière dont les Romains les fabricaient. Notons les industries de la meunerie et de la boulangerie, de la fabrication des poteries et briques, de la fonderie en bronze dans laquelle les Romains étaient très habiles comme on sait, la taillanderie et coutellerie, enfin les instruments pour peser et mesurer.

On lira aussi avec plaisir ce qui concerne la librairie, commerce des plus importants à Rome ; il est de nos jours difficile de comprendre comment, en l'absence de moyens mécaniques de reproduction, les livres pouvaient être répandus de manière à satisfaire les besoins du public et à remplir les immenses bibliothèques publiques et privées dont parlent les auteurs ; il n'est pas contestable que la diffusion des livres fut presque aussi grande que de nos jours, puisqu'on parle de 2000 exemplaires d'un ouvrage confisqué par ordre d'Auguste. L'explication est donnée par Schmidt : les esclaves rendaient dans l'antiquité à la littérature les services que lui rend aujourd'hui l'imprimerie.

Chaque famille riche avait un ou plusieurs esclaves appelés *litterati*, grecs en général, dont l'unique fonction était de copier des livres ou d'écrire sous la dictée ; ils se servaient à l'occasion d'un système complet de sténographie qui permettait de recueillir, comme chez nous, les discours prononcés par les orateurs.

2° **Les roches.** Description et analyse de leurs éléments et de leur structure, par M. Ed. Jannetaz.

Cet ouvrage, accompagné de 2 cartes géologiques et de 215 gravures et planches, a sa première partie consacrée à l'étude des propriétés générales des minéraux et des roches, caractères préliminaires, caractères géométriques et propriétés physiques. La seconde partie contient la description des roches et de leurs éléments, avec une classification très simple établie au point de vue minéralogique, savoir : un premier ordre, embrassant les pierres proprement dites, divisé en roches avec silice et roches sans silice, puis deux autres ordres, les roches métalliques et les roches combustibles. L'ouvrage se termine par un appendice sur la lithologie du globe aux différents âges de sa formation.

Le livre de M. Jannetaz est très complet sous un petit volume, bien au courant des faits les plus récents et sera consulté utilement même par les personnes qui ne s'occupent pas spécialement de minéralogie.

3° **Traité de paléontologie pratique**, par M. Stanislas Meunier. Cet ouvrage, du même format que le précédent, contient 815 gravures et donne les gisements et la description des animaux et végétaux fossiles de la France, avec l'indication des localités fossilifères. On y trouve un grand nombre de faits intéressants sur les faunes et flores qui animaient la surface de notre pays aux époques préhistoriques.

La Société a reçu également une petite brochure intitulée : *Éléments constants des prix des travaux ordinaires de construction*, par A. Megrot, conducteur des ponts et chaussées à Cosne (Nièvre). Paris, Duché et Ci[e] éditeurs.

Le but que l'auteur s'est proposé est de réunir les éléments constants o[u] à peu près des sous-détails de prix, éléments qui se composent principa-lement du temps nécessaire à l'exécution des ouvrages; les éléments varia-bles qui sont les prix de la main-d'œuvre et les prix des matières sont faciles à obtenir partout, tandis qu'il est beaucoup moins aisé de se procurer les éléments constants qu'on est obligé de rechercher dans diverses sources dont quelques-unes déjà anciennes ne sont plus en accord avec la pratique journalière.

Ce petit ouvrage ne comprend encore qu'une première partie embrassant les parcours, les chargements, transports, terrassements, maçonneries, charpentes en bois, carrelages, pavages et couvertures.

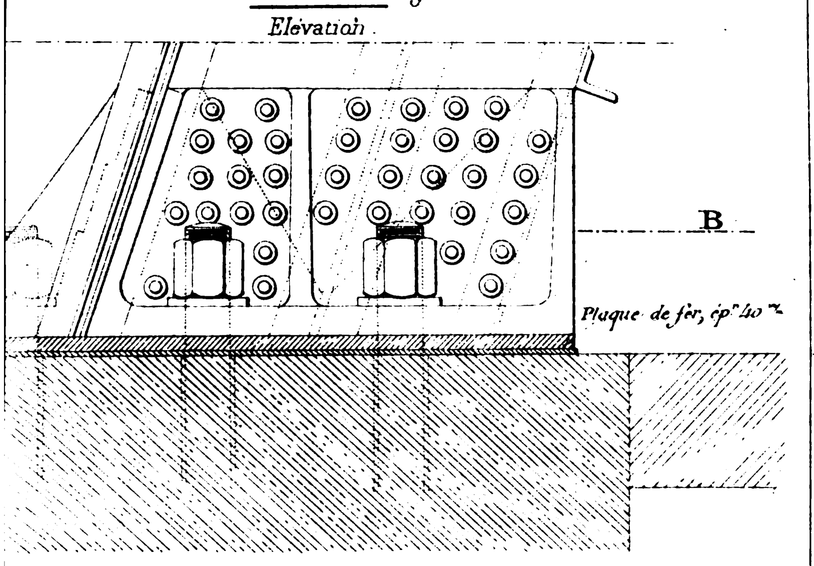
Ce recueil, publié sous une forme très portative, nous paraît d'une utilité pratique incontestable: on ne peut que souhaiter de voir l'auteur le com-pléter, ainsi qu'il s'engage à le faire si le succès couronne sa tentative.

Le Rédacteur de la Chronique,
A. Mallet.

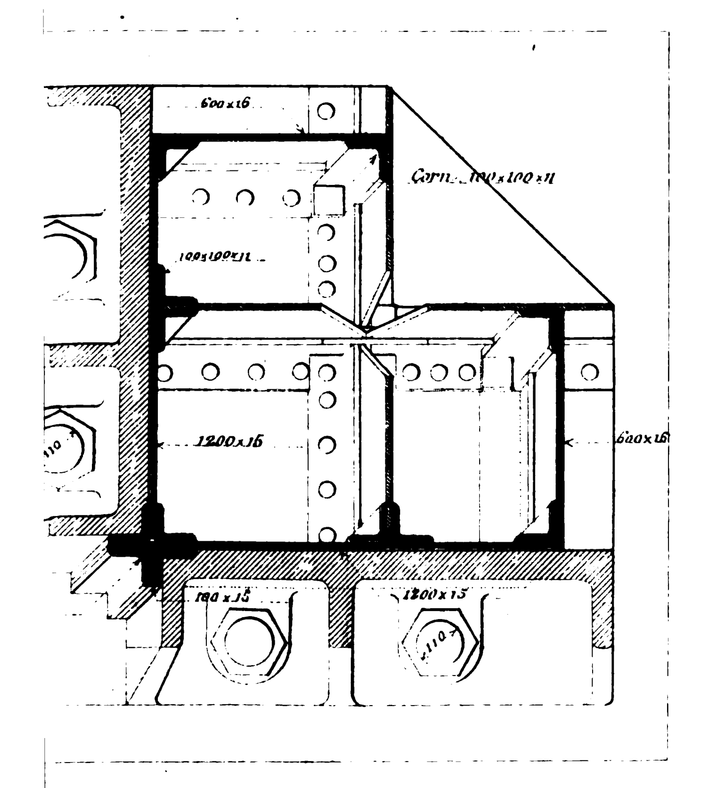
Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Détails du pied d'une membrure avec les sabots d'amarrage.

Elévation.



Coupe horizontale suivant **AB**



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque

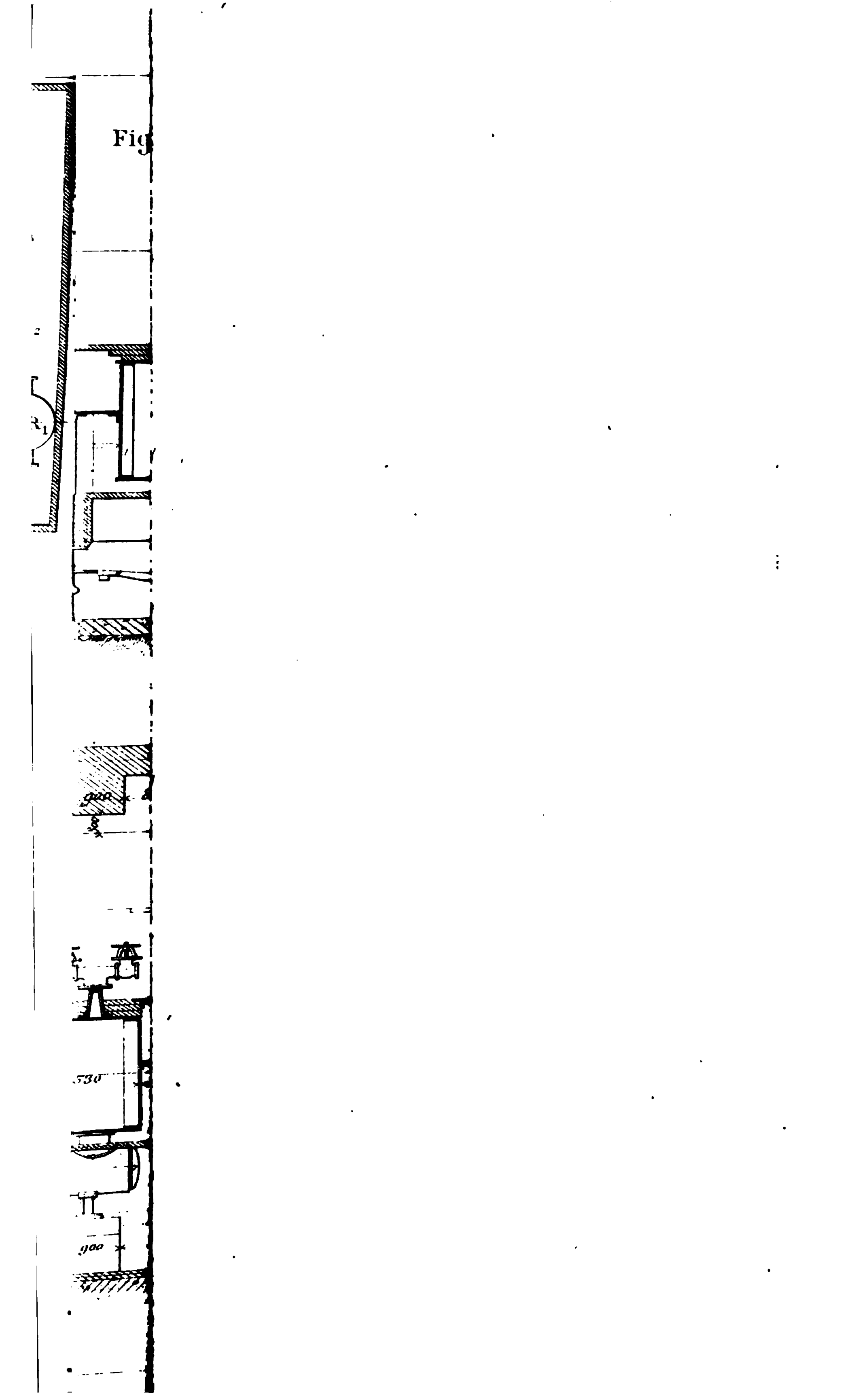
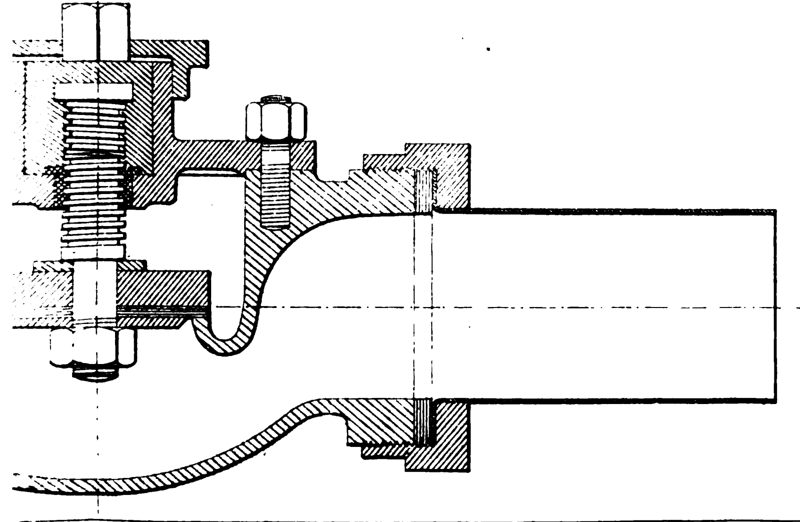


Fig
R1
900
530
900

volant N°1 _ 250 m/m

…antes N°2 _ 50 m/m avec deux raccords



Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43. r. de Dunkerque

ig.(
d de
sa d

es

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1885

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril :

1° Présentation de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps comme membres honoraires (séance du 10 avril, page 482).

2° Décès de M. Ernest Gouin (séance du 10 avril, page 483);

3° Inauguration de l'exposition de Meunerie et de Boulangerie (séance du 10 avril, page 483);

4° *Premier congrès international de navigation intérieure*, ouvert à Bruxelles, du 24 mai au 2 juin (séance du 10 avril, page 483);

5° *Congrès agricole de Beauvais*, ouvert du 1er au 6 juin (séance du 10 avril, page 483);

6° Lettre de M. Léon Malo sur *les voies asphaltées et le pavage en bois*, en réponse aux observations présentées par M. Molinos dans la séance du 6 mars (séance du 10 avril, pages 484 à 490);

7° Lettre de M. Léon Francq *sur les machines sans foyer, avec ou sans soude* (séance du 10 avril, pages 490 et 491);

8° Compte rendu, par M. Mallet, de l'ouvrage de M. Buchetti, intitulé : *Guide pour l'essai des machines à vapeur et la production économique de la vapeur* (séance du 10 avril, pages 491 à 497);

9° Communication de M. Haag, *sur le système d'exploitation et l'économie financière de son projet de chemin de fer métropolitain* (séance du 10 avril, pages 498 à 506);

10° Participation de la société à la souscription pour l'érection d'une *Statue à Nicolas Leblanc* (séance du 24 avril, page 507);

11° *Exposition Aragonaise à Saragosse* (séance du 24 avril, p. 507);

12° Résumé, par M. Auguste Moreau, d'une *note de M. Post sur les traverses métalliques* (séance du 24 avril, pages 507 à 511);

13° *Considérations* présentées *sur les traverses métalliques*, par MM. Contamin et Level, à la suite du résumé précédent (séance du 24 avril, pages 511 à 516);

14° Communication de M. Rémaury sur *les mines et usines de l'embranchement de Longwy à Villerupt* (séance du 24 avril, pages 516 à 519);

Pendant le mois d'avril, la Société a reçu :

De M. Sébillot, membre de la Société, un mémoire sur *la Navigation aérienne;*

De M. H. de Leyn, membre de la Société, un rapport sur *la Conservation des viandes par le froid;*

De M. Tweddell, membre de la Société, et de la part de M. David Pollock, un exemplaire de son ouvrage sur *les Constructions navales modernes.*

De M. Doat, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur la Compagnie générale des conduites d'eau de Liège;

De M. Doin, éditeur, un exemplaire du *Traité de Minéralogie appliquée aux Arts, à l'Industrie, au Commerce et à l'Agriculture*, par M. Raoul Jagnaux;

De M. Guppy, membre de la Société, deux exemplaires d'un mémoire intitulé : *Pumping-Machinery for draining a portion of the marshes near fondi, Southern Italy;*

De M. Thuillard-Froideville, un exemplaire de notes et plans *sur les brise-lames flottants de la rade du Havre;*

De M. Leveson, Francis, Vernon Harcourt, ingénieur, un exemplaire de son ouvrage, texte et atlas, intitulé : *Harbours and Docks, their physical features, history, construction, equipment, and maintenance with statistics as to their commercial development;*

De M. Sérafon, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire

sur les chemins de fer métropolitains et les moyens de transport en commun à Londres, New-York, Berlin, Vienne et Paris ;

De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire d'un *Rapport sur les moyens de faire pénétrer la science économique dans les classes laborieuses ;*

De M. Félix Mangini, membre de la Société, un exemplaire d'un *Rapport sur le travail des femmes dans les chemins de fer ;*

De M. Appert, membre de la Société, un exemplaire de sa conférence sur *Le verre, son histoire et ses procédés de fabrication ;*

De M. Urbain, membre de la Société, un exemplaire de ses *Études chimiques sur le squelette des végétaux* et un exemplaire de sa *Note sur une combinaison de l'alumine avec l'acide carbonique ;*

De M. Revaux, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur le percement des tunnels et la chaleur souterraine,* un exemplaire d'une *Étude des travaux exécutés au tunnel de l'Arlberg,* et un exemplaire d'une *Étude comparative des travaux exécutés au mont Cenis et au Saint-Gothard.*

Les membres nouvellement admis sont :

Membres honoraires :

MM. Laussedat, présenté par MM. de Comberousse, Mallet et Simon.
Hervé-Mangon, — de Comberousse, Mallet et Simon.

Membres sociétaires :

MM. Blanc, présenté par MM. Buchetti, Hauet et Maillet.
Lavessière (Louis), — Carimantrand, Charton et Gandillot.
Gandillot, — de Comberousse, Lentz et A. Moreau.
Pierron, — Armengaud, E. Bourdon et Jonte.
Roussel, — de Comberousse, Périssé et Vallot.
Saintignon (de), — de Comberousse, Lentz et A. Moreau.
Tamy, — Desgrange, Lavezzari et Mallet.
Trotabas, — Boutmy, G. Lyon et Edmond Roy.
Yvernès, — de Comberousse, Périssé et Vallot.

Membres associés :

MM. Baillehache, présenté par MM. Berton, Cerbelaud et Hauet.
Bousret, — Dothée, Durupt et Henri Moreau.
Hutchinson, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Milinaire (Pierre), — Baril, Chassevent et Périssé.
Moreau (Jean-Louis), — Ch. Herscher, Leudet et Louis Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1885

Séance du 10 Avril 1885.

PRÉSIDENCE DE M. DE COMBEROUSSE.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que le Comité, vu le petit nombre de membres honoraires français que compte notre Société, avait déjà pris l'initiative de présenter MM. Laussedat et Hervé-Mangon, sur les noms desquels il y aura lieu de voter dans la prochaine séance. Aujourd'hui, le Comité présente deux nouveaux membres honoraires; d'abord M. Janssen, le physicien bien connu, le directeur de l'Observatoire de Meudon, qui a porté haut le drapeau de la science française dans le monde entier; il revient d'Amérique où il a défendu les intérêts français, au sein de la commission chargée d'examiner les conditions d'établissement d'un méridien commun. Le second membre présenté, qui est M. Ferdinand de Lesseps, fait déjà partie de la Société depuis de longues années; mais le Comité a pensé qu'il y avait un honneur spécial à faire à une personnalité aussi marquante que M. de Lesseps, honneur qui rejaillira sur la Société elle-même. Ces messieurs se sont d'ailleurs montrés très touchés de la démarche faite auprès d'eux en cette circonstance. L'élection de MM. Laussedat et Hervé-Mangon aura lieu à la prochaine séance et celle de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps à la séance suivante, c'est-à-dire la première de mai.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Jules Maury et celui de M. Ernest Gouin.

M. le Président prononce ensuite les paroles suivantes :

La Société a fait une grande perte en perdant M. Ernest Gouin. Il était membre de la Société depuis 1849, c'est-à-dire depuis 36 ans, et il peut être considéré, par conséquent, presque comme un de nos fondateurs. C'est l'une des personnalités les plus élevées de l'industrie française qui vient de s'éteindre, et je n'ai pas besoin d'ajouter que les ateliers de construction des Batignolles ont une réputation européenne.

M. Ernest Gouin, ce qui est de toute justice, mais ce qui n'arrive pas toujours, avait été récompensé de ses efforts persévérants. Il était commandeur de la Légion d'honneur, régent de la Banque de France, ancien président du tribunal de commerce et ancien membre du conseil municipal de Paris.

Je ne veux pas dérouler devant vous cette vie si bien remplie. Je me contenterai de dire que M. Ernest Gouin était ancien élève de l'École polytechnique et qu'il avait débuté dans la carrière au chemin de fer de Saint-Germain. Il s'était ensuite tourné vers la grande industrie : tout le monde sait avec quel succès et quelle supériorité ! Le temps me ferait défaut pour énumérer tous ses beaux travaux. Je rappellerai seulement en courant les ponts de Mâcon, de Culoz, du Pô, de Szegedin, de Pest ; les ouvrages d'art de la ligne de Saint-Pétersbourg à Varsovie ; la traversée des Pyrénées, celle des Apennins ; et, en dernier lieu, la ligne de Bone à Guelma.

Sa générosité était proverbiale et, dans ces derniers temps, il a donné à l'Assistance publique près de quatre cent mille francs.

M. Ernest Gouin laisse un fils, M. Jules Gouin, membre de notre Société, qui continuera l'œuvre de son père et soutiendra dignement cette grande renommée du génie civil.

Le décès de M. Ernest Gouin est un deuil pour la Société, et nous n'oublierons pas la noble individualité qui vient de disparaître.

M. le Président dit que M. Armengaud, suivant sa bonne promesse, a envoyé à la Société un certain nombre de cartes pour l'inauguration de l'Exposition de Meunerie et de Boulangerie, fixée à demain samedi, à une heure et demie. Il invite les membres de la Société, qui désireraient assister à cette inauguration, à ne pas quitter la séance sans s'adresser au Secrétariat.

Les membres de la Société sont invités, par une lettre de M. A. Gobert, Président de la Commission organisatrice, à assister au premier Congrès international de Navigation intérieure, qui se tiendra à Bruxelles, du 24 mai prochain au 2 juin. Le Guide-Programme concernant ce Congrès sera remis au Secrétariat, pour être consulté au besoin par les membres qui voudraient y prendre part.

La Société d'Agriculture de l'arrondissement de Beauvais nous informe qu'un Congrès agricole doit se tenir à Beauvais, du lundi 1er juin au samedi 6 juin. Ce Congrès comportera des conférences et des séances de discussion. La Société d'Agriculture de Beauvais serait heureuse de voir nos confrères

y assister, et elle nous prie de désigner les questions intéressant l'agriculture que la Société des Ingénieurs civils désirerait voir inscrire au programme du Congrès.

Enfin, le Comité qui s'est constitué à Paris pour élever une statue à Nicolas Leblanc, l'immortel auteur du procédé d'extraction de la soude artificielle tirée du sel marin, vient d'écrire à la Société pour lui demander son concours. C'est là une œuvre de revendication nationale à laquelle la Société des Ingénieurs civils apportera, sans nul doute, son aide empressée. M. le Président attend quelques renseignements qui lui permettront de revenir sur ce sujet à la prochaine séance.

M. le Président signale, parmi les mémoires et les ouvrages reçus par la Société :

Un mémoire de M. Sébillot, membre de la Société, sur *la Navigation aérienne ;*

Un rapport de M. H. de Leyn, membre de la Société, sur *la Conservation des viandes par le froid ;*

Un exemplaire de l'ouvrage de M. David Pollock, sur *les Constructions navales modernes,* offert, par M. Tweddell, membre de la Société.

M. le Président fait donner lecture par M. le sécrétaire des deux lettres suivantes :

La première est une réponse de M. Léon Malo aux observations présentées par M. Molinos dans la séance du 6 mars, relativement au mémoire de M. Léon Malo sur les voies asphaltées et le pavage en bois ; la seconde, de M. Francq, répond à quelques mots prononcés par M. Jules Garnier dans cette même séance du 6 mars.

Lettre de M. Léon Malo.

A Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs civils.

Lyon, 2 avril 1885.

Monsieur le Président,

J'ai pu lire aujourd'hui seulement les observations présentées dans la séance du 6 mars, par mon excellent camarade et ami, M. Molinos, sur ma communication relative aux chaussées de Berlin.

Dans ces observations, faites d'ailleurs sur le ton de la plus affectueuse courtoisie, M. Molinos à relevé plusieurs erreurs qui, selon lui, se seraient glissées dans mon travail ; il a discuté quelques-unes de mes appréciations et rectifié divers faits qui lui ont semblé inexacts. Je viens à mon tour vous prier de vouloir bien m'autoriser à insister sur la parfaite exactitude de toutes mes assertions. La crise que paraît traverser en ce moment la voirie parisienne donne à cette discussion une importance qui ne permet pas d'en laisser la moindre part dans l'incertitude ou dans l'obscurité.

Pour plus de clarté, je suivrai pas à pas, en les redressant chemin faisant, les rectifications de M. Molinos.

M. Molinos commence par déclarer que l'asphalte est plus bruyant que le bois. Je n'ai jamais prétendu qu'il le fût moins. Je concède même avec plaisir à M. Molinos, que le pied du cheval résonne davantage sur l'asphalte que sur le bois, dans les temps froids ; mais la différence de bruit est si mince, en été surtout, où l'asphalte se ramollit toujours un peu, que les riverains empêchés par ce bruit de tenir leurs fenêtres ouvertes me paraissent avoir l'ouïe exceptionnellement sensible. Je crois que la sollicitude de M. Molinos pour ces personnes délicates lui a fait prendre l'exception pour la règle. Ce qui est intolérablement bruyant sur le pavé de pierre, ce n'est pas le pied du cheval, c'est la trépidation de la roue, et, cette trépidation, M. Molinos me l'accordera certainement, est aussi nulle sur l'asphalte que sur le bois. D'ailleurs, si la suppression incomplète du bruit des voitures est un désagrément pour les riverains, sa suppression absolue est un danger pour les passants. Le choc du pied du cheval sur le sol est nécessaire pour avertir de l'approche des voitures, quand le bruit des roues ne s'entend pas. C'est, je crois, le *minimum* d'insonorité qui permette la sécurité du piéton.

En ce qui concerne l'immunité attribuée par lui au pavé de bois à l'endroit de la pourriture, je n'ose pas partager la sécurité de M. Molinos. Sans parler des quelques expériences désastreuses signalées à Londres, à Washington et à Berlin, où des chaussées en bois tout entières viennent d'être dépavées pour être repavées en asphalte (Je m'empresse de reconnaître que ces transformations ont été jusqu'ici peu nombreuses.), je crois être en droit d'affirmer que le bois de sapin employé pour ce pavage est toujours plus ou moins humide et par conséquent plus ou moins exposé à la pourriture. J'engage M. Molinos à visiter, après un orage, l'un des carrefours de Paris où le bois se soude à l'asphalte; par exemple la place du Théâtre-Français, au débouché de la rue de Richelieu, où les deux revêtements ont juste le même âge. Il y verra, deux heures après la pluie, l'asphalte complètement sec, tandis que le bois demeurera humide deux ou trois jours encore. M. Molinos en concluera sûrement, avec moi, que l'eau qui n'a pu pénétrer l'asphalte, matière absolument hydrofuge, a imprégné profondément le bois de sapin, corps éminemment spongieux, en y introduisant des éléments plus ou moins actifs de décomposition.

Je me hâte d'ajouter que, si je cite ce fait, c'est seulement pour répondre à l'affirmation de M. Molinos et non pour faire le procès au pavage en bois, dont j'ai reconnu publiquement les grandes qualités et que je considère, non comme l'adversaire, mais comme l'allié de l'asphalte.

Au surplus, la pourriture éventuelle du pavage en bois ne m'inquiète pas précisement au point de vue des détériorations qu'elle pourrait causer aux chaussées; ces accidents ont dû être prévus par l'entreprise: c'est une simple question d'entretien. Ce qui me préoccupe surtout, et ce que j'ai particulièrement visé dans ma communication à la Société, ce sont les dangers de l'absorption indéfiniment répétée de l'humidité atmosphérique ou pluviale par les fibres du bois et l'influence de cette absorption sur l'hygiène

publique. C'est aussi la pénétration permanente des liquides impurs de la rue dans cette vaste éponge et ensuite leur expiration à l'état de miasmes sous l'action du soleil. M. Molinos n'a pas abordé cette partie essentielle de ma critique; il n'en est cependant pas de plus importante à discuter; car là est, selon moi, le point faible du pavage en bois. C'est sous l'impression de cette crainte, que j'ai exprimé le vœu de voir le pavage en bois, excellent (jusqu'à démonstration du contraire) pour les grandes voies abondamment aérées, de le voir, dis-je, exclu rigoureusement des rues étroites où la circulation de l'air est insuffisante. Le compte rendu analytique de la séance du 20 février n'a pu reproduire dans leur plein les observations que j'ai faites à ce sujet. Quand M. Molinos les aura lues *in extenso* dans le Bulletin mensuel, je ne désespère pas de l'amener à se ranger de mon avis.

M. Molinos discute ensuite l'exactitude du propos attribué à M. le colonel Haywood (non par moi, qui ne l'ai point entendu, mais par M. l'ingénieur en chef Barabant dont je me suis borné à citer la brochure), sur la supériorité de l'asphalte comprimé en tant que revêtement des chaussées de la Cité de Londres.

M. le colonel Haywood admet, dit M. Molinos, « que, pour le cheval au trot, l'asphalte est très inférieur au pavage en bois, et comme dans la Cité, ajoute-t-il, les voitures vont toujours au pas, les mérites accordés à l'asphalte par le célèbre ingénieur anglais s'en trouveraient singulièrement diminués. »

J'ai spontanément déclaré, dans ma communication, que pendant les périodes de pluie fine tombant sur la poussière limoneuse de la chaussée, c'est-à-dire pendant une moyenne de quinze ou vingt jours par année, l'asphalte devenait glissant. L'asphalte, pas plus que le bois, n'est parfait. Mais le reste du temps, quand l'asphalte est sec ou largement lavé, je ne le crois pas plus glissant que le bois. Les réserves faites par M. le colonel Haywood et signalées par M. Molinos se réfèrent sans doute à ces périodes de demi-humidité, plus fréquentes d'ailleurs à Londres qu'à Paris.

Quant à l'allure des chevaux dans la Cité de Londres, il paraît que je ne l'ai pas vue avec les mêmes yeux que M. Molinos; à moins de supposer que les cochers de cab ont voulu, pour me flatter, se livrer à des *fantasias* exceptionnelles, chaque fois que j'ai visité la Cité, je suis obligé de croire que, loin d'aller au pas, les voitures y marchent de façon à humilier les omnibus et les fiacres parisiens. M. Molinos est peut-être passé seulement dans certaines rues spéciales, comme *Cheapside* ou *Lombard street*, dans lesquelles, à certaines heures d'après-midi, les policemen doivent faire ralentir la vitesse des chevaux, et même les arrêter complètement, pour permettre aux piétons de traverser sans danger la chaussée. Mais *Cheapside*, *Lombard street* ne sont pas toute la Cité. Il y a d'autres rues, même asphaltées, où les voitures marchent d'une allure aussi rapide que nulle part. Il est défendu à un homme d'esprit comme M. Molinos d'imiter cet observateur anglais qui, débarquant à Calais et ayant rencontré sur le

quai une femme rousse, écrivait sur son carnet de voyage que toutes les Françaises ont les cheveux rouges.

Il est d'ailleurs incontestable, comme le dit M. Molinos, que le pavage en bois se répand considérablement dans les quartiers environnant la Cité; mais il est juste d'ajouter que ces quartiers, ceux du moins qui s'étendent à l'est, sont formés de rues larges, droites, abondamment aérées, bordées de maisons basses, traversant de nombreux squares, placées en un mot dans les conditions que j'ai indiquées comme nécessaires pour que le pavage en bois y soit inoffensif à la santé publique. Cependant, en plusieurs rues (*Oxford street*, *Hart stret*, etc.), le pavé de bois a été supprimé pour faire place à l'asphalte. Les conseils de paroisses[1] ont décidé cette substitution, principalement dans l'intérêt de l'hygiène de leurs quartiers.

Une autre erreur de fait, que commet M. Molinos et que je dois redresser, non pour combattre le système qu'il défend, mais seulement pour montrer que je n'ai rien avancé que d'exact, est celle-ci : « Les travaux de pavages en bois à Berlin ont été confiés sans discernement à des marchands de bois sans expérience, qui les ont mal exécutés. »

La vérité est que pas un marchand de bois n'a fait de pavage en bois à Berlin. Ces travaux ont été exécutés par quatre entreprises spéciales, savoir :

1° *L'Improved Wood paving C°* (la même, si je ne me trompe, qui a introduit le système à Paris), a fait en 1879, le premier essai tenté à Berlin (sapin de Suède non imprégné), environ 1 000 mètres carrés.

2° *M. Guido Rütgers*, *de Vienne* (*Autriche*), grand entrepreneur de pavage en bois, a posé en 1881-1882, 8 000 mètres carrés de sapin de Bohême.

3° Une compagnie anglaise de pavage en bois imprégné (son nom m'échappe pour le moment) en a établi en 1882, 3 000 mètres carrés;

4° Enfin, la société Krafft, de Wolgast en Poméranie, grands constructeurs de navire et paveurs en bois, a fait 28 000 mètres carrés de chaussées en sapin américain *yellow-pin*, cyprès très résineux et non imprégné. En tout 40 000 mètres carrés, qu'on est en train d'enlever à l'heure qu'il est pour les remplacer par de l'asphalte.

Encore une fois, je n'entends tirer de cet échec aucun argument contre le système du pavage en bois. Le bois, comme l'asphalte, a ses parasites et ses malfaçons; tous deux ont eu leurs écoles et leurs faux pas. J'ai voulu seulement rappeler, par cet exemple, à M. Molinos que si l'asphalte ne

1. M. Molinos se trompe en attribuant à sir Joseph Bazalgette, la direction de la voirie de Londres hors la Cité. Sir Joseph Bazalgette est seulement directeur du *Metropolitan Board of Works* qui ne s'occupe que des grands travaux d'intérêt général, tels que les quais de la Tamise, les drainages, les grands percements de rues. Les questions d'entretien du pavage, de même que les travaux neufs de voirie, regardent exclusivement les ingénieurs ou architectes des paroisses, sauf le cas exceptionnel où un percement de rue traverserait plusieurs paroisses qui, alors, contribueraient chacune pour sa quote-part, aux frais de premier établissement. Mais, même dans ces circonstances, les ingénieurs de paroisses sont toujours consultés sur la nature des matériaux à employer. Au surplus, jamais sir John Bazalgette n'a fait de pavage en bois, mais seulement du pavé de granit.

prétend pas à la perfection absolue, le bois, même appliqué avec tous les soins convenables, ne doit pas, lui non plus, se targuer d'infaillibilité.

J'arrive maintenant à la question de prix et je vais, monsieur le Président, prendre texte des observations de M. Molinos pour vous donner à ce sujet les indications que vous avez bien voulu, dans la séance du 20 février, me demander de fournir à la Société.

J'ai dit dans cette séance, d'une manière générale, que l'asphalte comprimé était, de premier établissement et d'entretien, moins cher que le bois; M. Molinos affirme qu'il l'est davantage. Je vais lui démontrer péremptoirement, je crois, qu'il a tort.

Ce me sera d'autant plus facile que je n'ai qu'à laisser parler les chiffres; des chiffres puisés dans des documents authentiques, mis à la portée de tout le monde; dans les cahiers des charges et séries de prix des deux entreprises chargées d'exécuter et d'entretenir, à Paris, l'asphalte et le pavage en bois.

Je cite donc simplement et textuellement ces chiffres :

L'asphalte de 0m,05 posé sur béton de ciment de 0m,15 (épaisseurs adoptées par la ville de Paris pour les rues de circulation ordinaire) est payé, le mètre carré. 19f,50

L'entretien de ces surfaces, par mètre carré et par an (après *vingt mois* en moyenne d'entretien gratuit), coûte à la ville. . . . 2,00

Dans les rues exceptionnellement fatiguées comme les rues Richelieu, Saint-Honoré, etc., l'asphalte posé à 0m,06 d'épaisseur sur 0m,20 de béton est payé, le mètre superficiel. 23.00

Le prix d'entretien est le même que pour les autres rues, soit par mètre[1]. 2,00

Le pavage en bois a été traité de gré à gré aux conditions suivantes :

Le pavage en sapin de 0m,15 d'épaisseur, posé sur béton de ciment, coûte, le mètre superficiel 23,00

Son entretien est payé, avec une garantie gratuite de *six mois*, le mètre carré :

Pour les chaussées les plus fatiguées. 2,95

Pour les autres. 2,60

Ces prix ne sont diminués d'aucun rabais.

En résumé :

Le prix de premier établissement du pavage en bois est uniformément de 23 francs par mètre carré : c'est-à-dire le même que celui payé pour les chaussées en asphalte exceptionnellement fatiguées.

Il est de 3 fr. 50 plus fort que celui payé pour l'asphalte de la grande majorité des rues de Paris.

Le prix d'entretien de l'asphalte, par mètre carré et par an, est 2 francs,

1. Je rappelle seulement pour mémoire que les prix de premier établissement et d'entretien de l'asphalte sont frappés d'un rabais de 6 fr. 10 pour 100.

c'est-à-dire, 0 fr. 95 de moins par mètre que la première catégorie de pavage en bois et 0 fr. 60 de moins que la deuxième.

La durée de garantie gratuite du pavage en bois est, en moyenne, de *six mois*, alors que la même garantie pour l'asphalte est de *vingt mois;* c'est-à-dire, que la prime annuelle d'entretien du bois commence à courir six mois après la construction de la chaussée, tandis que l'asphalte est entretenu pendant vingt mois à partir du jour de la pose, aux frais de l'entreprise.

Et il n'est pas à dire que le prix d'entretien, plus élevé pour le bois, correspond à une plus grande fatigue de la chaussée; car cette fatigue est proportionnelle non point au nombre absolu de colliers, mais au nombre de véhicules rapporté à l'unité de largeur de la chaussée et, aussi, à l'action destructive spéciale à ces véhicules. Il passe peut-être moins de voitures, dans une journée, rue de Richelieu, que sur les grands boulevards ou dans l'avenue des Champs-Élysées; mais il en passe certainement davantage dans la première de ces voies, par mètre de largeur, et certainement aussi les voitures qui y passent sont plus lourdes et plus dangereuses pour la conservation de la chaussée.

Enfin M. Molinos fait observer que le bois paye à son entrée dans Paris 9 francs de droits d'octroi par mètre cube, soit environ 1 fr. 50 par mètre carré de chaussée.

Je lui répondrai que son argument est de nulle valeur; car, à quelques centimes près, l'asphalte est soumis aux mêmes charges. En effet, l'asphalte en roche ou en poudre paye 7 fr. 50 de droits d'entrée par tonne. Si je fais le même calcul que M. Molinos et si je ramène le montant de ces droits au mètre carré de chaussée, je trouve, pour la chaussée de 0,06 d'épaisseur :

Asphalte, par mètre carré.	0 fr. 95
Ciment de béton, 12 francs par 1000 kilogrammes; soit, à raison de 40 kilogrammes par mètre superficiel de béton.	0 fr. 48
	1 fr. 43

Total qui ne s'éloigne guère des 1 fr. 50 déclarés par M. Molinos.

Il n'est donc pas exact de dire que l'asphalte comprimé coûte plus cher que le pavage en bois; les chiffres authentiques que je viens de citer démontrent absolument le contraire, et M. Molinos sera le premier à le reconnaître, s'il veut bien relire les documents d'où j'ai tiré mes preuves.

Telle est, M. le Président, la réponse, trop minutieuse peut-être, mais cependant nécessaire, que j'avais à faire aux observations présentées par M. Molinos. La vaste transformation qui s'opère en ce moment dans la voirie parisienne fixe sur elle, j'ai pu m'en convaincre par moi-même, la vive attention des administrations municipales étrangères. L'autorité qui s'attache aux discussions de la Société des Ingénieurs civils ne permet pas

que, dans le débat ouvert chez elle sur ce sujet capital, nous laissions s'introduire et s'accréditer des erreurs de fait. C'est pourquoi je me suis laissé aller à réfuter si longuement celles que j'ai cru découvrir dans la réponse faite à ma communication par M. Molinos.

M. Molinos est un ingénieur trop éminent, il occupe dans notre profession un rang trop élevé et trop mérité, pour que cette réfutation puisse le froisser. Il l'acceptera, j'en suis sûr, avec autant de bonne grâce que j'ai mis de bonne foi et de franchise à la faire. Il n'oubliera d'ailleurs certainement pas que, dans cette lutte tout amicale et toute courtoise, les deux adversaires sont, en fin de compte, les avocats d'une même cause : la cause de la chaussée de l'avenir contre la chaussée surannée du passé.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Léon Malo.

Lettre de M. Francq.

Monsieur le Président,

De retour à Paris, le procès-verbal de la séance du 6 mars me fait connaître l'intéressante discussion qui s'est établie entre nos honorables collègues au sujet du Métropolitain. Sur le sujet spécial de la traction, je regrette que mon absence ne m'ait pas permis d'intervenir, et je vous prie de bien vouloir accueillir quelques mots que je désire présenter en rectification aux opinions exprimées sur les machines sans foyer, avec ou sans soude.

Contrairement à ce que pense M. Garnier, on n'est pas obligé d'employer les machines sans foyer dès qu'elles sont prêtes; la crainte de voir la chaleur se disperser et le travail se perdre ne met pas, en réalité, la machine sans foyer, en état d'infériorité dans la pratique. Depuis huit ans, en effet, l'expérience indique : 1° que les dispositions prises en vue d'éviter le refroidissement du récipient d'eau et de vapeur, ont réduit considérablement les pertes de chaleur que l'on observe habituellement sur les locomotives ordinaires; — 2° que des machines chargées attendent parfois assez longtemps, sans inconvénients, avant d'aller prendre leur train; — 3° que, par suite de déraillement ou d'accident sur la route, des locomotives ont éprouvé plusieurs heures de retard, sans que ce retard les ait empêchées de continuer le travail indiqué; — 4° que, par 25 degrés de froid en 1879, alors que tous les moyens de transport avaient suspendu leur action dans Paris, les machines sans foyer ont continué leur service sans difficulté, aussitôt après le déblaiement de 80 centimètres d'épaisseur de neige amassée sur la voie; — 5° que l'hiver dernier encore, tandis que les tramways à traction animée et les trains du chemin de fer du Nord suspendaient leur marche, par suite de l'amoncellement de la neige, les machines sans foyer opéraient elles-mêmes, entre Lille et Roubaix, le déblaiement des voies dans la nuit pour reprendre le service complet le lendemain matin; — 6° qu'en tous

temps, les machines sans foyer ont donné aux services auxquels elles sont attachées une régularité de marche qui n'avait pas encore été réalisée jusque-là sur les tramways; — 7° que tous ces résultats sont obtenus avec une diminution de 20 pour 100 dans les dépenses totales d'exploitation, que l'on relevait précédemment sur la même ligne par l'emploi des machines à foyer.

En ce qui touche la machine à soude, que l'on appelle la machine *Honigmann*, il me paraît utile de rappeler humblement que je me suis occupé du sujet avant qu'il ne soit question de cette application allemande à laquelle la presse spéciale française accorde si volontiers le concours de sa publicité. L'Académie des sciences fait mention de mes recherches, à cet égard, dans son Rapport lu en assemblée annuelle du mois de mai 1884.

Si j'ai renoncé à poursuivre ces recherches, c'est que j'ai acquis la conviction que la machine à soude, si elle est intéressante au point de vue scientifique pur, elle l'est moins dans les services qu'elle peut rendre industriellement. Il y a déjà quelque temps que mon opinion est partagée en Allemagne par les constructeurs qui ont suivi la question de près.

En effet, les avantages que l'on attribue à la simplicité de la machine sans foyer ordinaire disparaissent avec les complications de la machine à soude. Les charges de renouvellement, d'intérêt, d'amortissement du matériel, les frais de main-d'œuvre, de fourniture de sel et de combustible supplémentaire, augmentent la dépense de la traction dans une mesure assez importante. Enfin, avec les machines à soude, pour un service identique, le nombre de moteurs à mettre en action doit être augmenté en raison du temps plus considérable qu'absorbe l'opération du chargement.

J'ai pensé, Monsieur le Président, qu'il n'est pas inutile de communiquer à nos collègues les renseignements que j'apporte pour rétablir la vérité, et dans l'intention d'éviter, à l'avenir, toute confusion nouvelle à l'égard des machines sans foyer dans les discussions de la Société.

Je vous prie de bien vouloir donner lecture de cette lettre lors de la prochaine séance, pour l'insérer au Bulletin.

Avec mes remerciements, je vous présente, Monsieur le Président, l'assurance de ma respectueuse considération.

Léon Francq.

La parole est à M. A. Mallet pour son compte rendu de l'ouvrage adressé à la Société par M. Buchetti et intitulé : *Guide pour l'essai des machines à vapeur et la production économique de la vapeur.*

M. A. Mallet dit qu'il n'a pas besoin de faire ressortir l'importance toujours croissante du rôle des moteurs mécaniques dans l'industrie et la révolution économique et sociale qu'a amenée la diffusion du plus puissant et plus universel de ces moteurs, la machine à vapeur, mais qu'il peut être intéressant de rappeler qu'un siècle seulement s'est écoulé depuis que le

moteur à double action de Watt a été constitué sous sa forme définitive et complète; ce sont en effet les deux machines de 50 chevaux chacune, montées aux moulins d'Albion à Londres en 1784, qu'on peut considérer comme le premier spécimen complet du moteur à vapeur appliqué à la mise en mouvement d'une usine. N'y avait-il pas là un centenaire intéressant à célébrer, autant sinon plus que bien d'autres, et auquel le monde entier eût dû applaudir? Il semble pourtant avoir passé complètement inaperçu.

La machine à vapeur a acquis un développement qu'on ne pouvait prévoir même approximativement à l'origine ; elle l'a acquis sous toutes les formes, des plus grandes puissances aux plus petites. Les plus fortes machines qu'on ait faites jusqu'ici paraissent être celles des transatlantiques anglais *Oregon*, *Umbria* et *Etruria*, qui développent 13000 chevaux indiqués. Elles ne comprennent qu'un seul appareil complet formé de trois cylindres, un d'admission et deux de détente. Il ne semble pas qu'à terre on ait encore, sauf exception, dépassé la force de 1 000 chevaux pour une seule machine.

A l'autre extrémité de l'échelle, il suffit d'avoir visité un concours agricole pour apprécier à quel degré la construction des machines locomobiles a contribué à l'application de la vapeur aux petites forces. Ce champ commence, il est vrai, à lui être disputé par la machine à gaz et par d'autres petits moteurs, comme nous l'a si bien expliqué notre collègue M. Boudenoot dans son intéressante communication à la dernière séance; mais il n'en est pas moins certain que la machine à vapeur constitue et constituera longtemps encore le moteur mécanique par excellence pour tous les degrés de force.

Nous n'ignorons pas que des esprits éminents, au premier rang desquels nous citerons notre collègue et ami, Sir Frederic Bramwell, estiment que la machine à vapeur *jouit de son reste*, suivant l'expression du savant président actuel de l'Institut des Ingénieurs Civils de Londres; mais ce dernier ne s'est jamais expliqué sur la portée réelle de son observation humoristique et nous ne la prendrons pas au pied de la lettre; la machine à vapeur ne dût-elle vivre encore qu'autant qu'elle a déjà vécu, il n'y aurait pas péril en la demeure et nous pourrions laisser à nos successeurs le soin de pourvoir à son remplacement.

En présence de l'extrême développement des moteurs à feu, on comprend que les sommes dépensées pour la production de la force motrice représentent des chiffres considérables et que, par la puissance ou par le nombre des machines, la question du combustible devient des plus sérieuses. Nous ne croyons pas qu'on ait encore à prévoir l'épuisement des houillères dans un avenir assez prochain pour nous inquiéter; mais la note du marchand de charbon, le *coal bill*, comme disent nos voisins, doit être une préoccupation de tous les jours. Il n'est plus rare de voir aujourd'hui des filatures mues par des puissances de 1000 chevaux; les moteurs, même les plus perfectionnés, de cette importance dépensent de *cent à cent vingt mille francs* de combustible par an; 10 pour 100 sur cette somme, que

peut facilement faire gagner ou perdre la manière dont les machines sont conduites ou entretenues, constituent déjà un assez joli denier.

Il n'est pas nécessaire d'insister sur ce sujet ; l'importance des soins à donner aux moteurs n'a pas besoin d'être développée devant notre Société ; tout au plus est-il permis de rappeler que, si les sujets sont délicats et de complexion facile à se déranger, les médecins ne leur font pas défaut aujourd'hui.

A l'origine, les essais de machines à vapeur étaient rares, ils faisaient pour ainsi dire partie du domaine litigieux ; ils étaient généralement amenés par des contestations entre constructeurs et usiniers et très souvent aussi, dans certaines régions industrielles, entre loueurs et locataires de force motrice. On prétend qu'à ce titre la Normandie fut longtemps la terre classique des essayeurs jurés de machines. Quoiqu'il en soit, ces questions y avaient été très étudiées et, vers 1835, M. de Saint-Léger, ingénieur en chef des mines à Rouen, s'était acquis une grande réputation dans la région normande pour les essais au frein ; on le faisait venir de très loin pour ce genre d'opérations ; il avait perfectionné le frein de Prony et rédigé une instruction pour les essais ayant pour but la mesure de la force des moteurs. On trouvera des renseignements sur ce sujet dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour 1837.

Ces expériences, par la publicité qu'elles recevaient parfois, étaient un encouragement pour les progrès de la machine à vapeur.

Ainsi M. de Saint-Léger avait trouvé, en 1845, qu'une machine anglaise de Sims établie dans une manufacture d'Elbeuf ne dépensait que 1^{kg},63 de combustible par cheval effectif et par heure, pour une force d'environ 15 chevaux, alors qu'il n'avait jamais constaté dans la région de consommations inférieures à 2^{kg},50. Très peu d'années après, on avait déjà reconnu une diminution très notable de la consommation moyenne. Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, dans la description de la machine en question donnée dans le Bulletin de la Société d'Encouragement, elle est qualifiée de machine à cylindres combinés, ce qui est la traduction littérale de l'expression anglaise *compound cylinders*. Il y avait en effet quelque raison de ne pas qualifier ce moteur de machine de Woolf, parce qu'il présentait une différence sensible avec les machines de ce type, ayant deux cylindres à simple effet placés l'un au-dessus de l'autre avec les pistons sur la même tige.

Nous nous hâtons d'ajouter que Poncelet et Morin avaient également propagé l'usage du frein dans d'autres régions par de nombreuses applications.

M. de Saint-Léger était assisté dans ses essais par un de ses garde-mines, Slawecki, ancien élève de l'École centrale (mort en 1876), lequel lui succéda dans cette partie et s'acquit une très grande notoriété en Normandie.

On nous pardonnera de mentionner ici que, nous trouvant pendant nos vacances de l'École centrale visiter un établissement industriel où Slawecki faisait un essai au frein sur de puissants moteurs hydrauliques, nous fûmes

accueilli par cet ancien camarade avec la plus parfaite bonne grâce, et il voulut bien nous initier à l'installation et au fonctionnement pratique d'un appareil dont le principe seul nous était encore connu.

Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur ont étendu le rôle de ces essayeurs de machines qui étaient encore rares à l'époque dont nous venons de parler; elles rendent des services que nous apprécions tous. Néanmoins il est à désirer que la connaissance des machines se répande dans le public intéressé; tout propriétaire d'usine devrait être à même d'apprécier, au moins dans les cas les plus ordinaires, si son moteur marche bien ou mal, au lieu de s'en rapporter à des chauffeurs ignorants ou intéressés; ces connaissances ne lui sont-elles pas aussi nécessaires que, si on veut bien nous permettre de continuer à nous servir d'une comparaison familière mais expressive, celle des éléments de l'art du vétérinaire à un propriétaire rural ou à un fermier?

Nous devons donc savoir gré à M. Buchetti d'avoir réuni et condensé dans son ouvrage la description des appareils servant à l'essai des machines, leur montage et leur fonctionnement, ainsi que l'interprétation et la discussion des résultats, tous renseignements qu'il fallait auparavant chercher dans des ouvrages différents ou dans des publications périodiques, au prix d'un travail considérable et de pertes de temps désormais évitées.

Nous passerons rapidement en revue les diverses parties du traité des essais de machines à vapeur.

On sait que la mesure de la puissance d'une machine à vapeur peut s'effectuer de deux manières au moins; on peut mesurer le travail brut de la vapeur sur le piston, c'est le rôle de l'indicateur, ou le travail effectif sur l'arbre, ce qui se fait au moyen du frein. Le rapport de ces deux expressions du travail constitue ce qu'on appelle le rendement organique de la machine, qu'il faut se garder de confondre avec le rendement du moteur. Disons en passant qu'on est arrivé aujourd'hui par les soins apportés à l'étude et à la construction des machines à réduire singulièrement la différence du travail brut et du travail effectif, différence qui est le travail absorbé par les frottements et résistances propres de l'appareil; le rendement organique de certaines machines à vapeur arrive aujourd'hui à être compris entre 90 et 95 pour 100.

L'indicateur est certainement un appareil des plus remarquables et probablement celui dont le rôle a été le plus important pour les progrès des machines à vapeur. On étonnerait bien des gens en leur disant qu'il n'est machine à vapeur si forte dont on ne puisse mesurer instantanément le travail avec une très grande approximation, sans l'arrêter un instant, avec ce petit instrument qui tiendrait presque dans la poche. Il est infiniment probable que son auteur, quel qu'il soit, car, si on emploie toujours le nom d'indicateur de Watt, il paraît positif que la paternité en appartient à un des assistants de l'illustre constructeur, il est probable, disons-nous, que son auteur n'en prévoyait guère les destinées brillantes; à l'origine le rôle de l'indicateur était simplement de faire reconnaître les limites extrêmes

des pressions dans le cylindre, au point de vue principalement du vide qui était l'agent essentiel de l'effet dans les premières machines fonctionnant à des pressions nulles et même négatives. La tige de l'indicateur se déplaçait le long d'une échelle graduée ; c'est plus tard qu'un autre employé de Boulton et Watt, on croit que son nom était Southern, eut l'idée d'adjoindre à l'instrument une planchette animée d'un mouvement transversal par rapport à celui du traceur et corrélatif à celui du piston de la machine. On conserve, dit-on, dans les archives de l'usine Watt, à Soho près Birmingham, des diagrammes d'indicateur remontant à 1802. On a peine à croire à l'identité de cet appareil primitif à indications grossières avec l'instrument de précision qui seul a permis les recherches calorimétriques si remarquables de M. Hirn et de ses collaborateurs, notre savant collègue, M. Leloutre, et le regretté Hallauer que notre Société n'a malheureusement compté que quelques jours au nombre de ses membres.

M. Buchetti décrit les indicateurs successivement employés lesquels se divisent en deux groupes bien tranchés, les indicateurs simples dérivés de celui de Watt et les indicateurs à mouvement amplifié du traceur dont le modèle si connu de Richards est le type ; à côté de ces instruments usuels viennent les modèles beaucoup plus rares d'indicateurs continus et de totalisateurs ; il est généralement admis qu'un type de ces derniers plus simple et plus pratique que ceux qui ont été proposés jusqu'ici constitue un *desideratum*, mais il serait injuste de ne pas tenir compte des efforts tentés dans ce sens, et de ne pas rappeler notamment qu'un indicateur-totalisateur de Lapointe et Garnier avait été appliqué, vers 1847, aux machines du chemin de fer atmosphérique de Saint-Germain.

Le montage des indicateurs sur les cylindres et le fonctionnement de ces appareils sont exposés d'une manière très complète ; l'interprétation et l'analyse des diagrammes, le calcul du travail indiqué et de la dépense de vapeur apparente font le sujet d'un second chapitre.

Quelque admirateur que nous soyons de l'indicateur, nous n'allons pas jusqu'à lui demander ce qu'il ne peut pas donner et nous croyons, en bonne compagnie d'ailleurs, qu'il ne saurait fournir directement des indications exactes sur la consommation d'eau des machines. Nous avons ici même rompu à ce sujet quelques lances courtoises avec notre excellent collègue et ami, M. Quéruel ; ce n'est pas l'occasion de raviver le débat, nous tenons seulement à rappeler que la véritable théorie pratique de l'action de la vapeur dans les cylindres des machines, laquelle seule rend, d'une manière satisfaisante, compte de la différence qui existe entre le poids de vapeur indiqué par le diagramme et le poids de vapeur réellement entré dans la machine, est due à Combes et à Thomas, le maître regretté d'un grand nombre d'entre nous. Il y a plus de trente ans que cette théorie, universellement admise aujourd'hui, est enseignée à l'École centrale ; et tous les raisonnements par lesquels on a cherché à démontrer que les idées communiquées par Thomas aux nombreuses promotions de l'École n'étaient que de pures suppositions basées sur des expériences grossièrement approximatives, et

que Thomas n'était tout au plus qu'un précurseur inconscient, ne peuvent prévaloir contre les textes si nets et si précis contenus dans les cahiers de notes qu'un grand nombre d'entre nous possèdent et conservent avec un soin religieux.

C'est avec une véritable surprise et un chagrin réel que nous avons vu récemment un de nos collègues américains, professeur éminent, publier un historique des recherches théoriques relatives à la machine à vapeur, historique dans lequel il n'est pas fait la plus légère allusion au rôle capital rempli dans cette question par un ingénieur qui a joint à des travaux personnels de premier ordre le mérite d'avoir enseigné les vrais principes de la machine à vapeur à des milliers, on peut le dire, d'ingénieurs répartis dans tous les pays du monde, alors que ces principes étaient méconnus partout ailleurs.

Nous avons saisi l'occasion, il y a quelques années[1], de rappeler la valeur de l'œuvre de Thomas à propos d'une étude du genre de celle que nous venons de signaler; nous serions heureux que notre revendication d'aujourd'hui eût le même succès que la précédente.

Le grand avantage de l'indicateur réside, on doit le reconnaître, dans la facilité de son emploi et dans la possibilité de l'appliquer sans interrompre le service régulier des machines. On ne conçoit guère d'autre moyen d'éprouver les grands appareils de navigation, bien que des essais très intéressants aient été faits dans un autre ordre d'idées. L'indicateur est certainement appelé à rendre des services de plus en plus grands pour l'essai des machines locomotives, et nous ne saurions oublier que la première application de ce genre a été faite par Lechâtelier et par notre regretté collègue Ernest Gouin au chemin de fer de Versailles, dès 1844, c'est-à-dire plusieurs années avant les Anglais.

La seconde classe d'appareils, celle dont l'objet est de mesurer le travail effectivement réalisé sur l'arbre des machines, comprend les freins dynamométriques dérivés du frein de Prony. Celui-ci a été perfectionné et modifié de diverses manières pour le rendre plus commode à employer, surtout lorsqu'il s'agit de mesurer des puissances considérables; nous citerons parmi ces dispositifs le frein à circulation d'eau de nos collègues de la Société centrale de Pantin.

La difficulté de régler à la main le serrage des mâchoires a fait essayer des arrangements où le serrage et le desserrage s'opèrent automatiquement par l'entraînement du levier du frein dans un sens ou dans l'autre; diverses dispositions sont décrites, mais il ne semble pas qu'aucune se soit jusqu'ici montrée assez pratique pour aspirer à remplacer le système ordinaire.

Nous avons dit plus haut qu'il y avait au moins deux modes de mesure du travail d'une machine à vapeur; nous avions en vue une troisième manière, qui consiste à mesurer le travail transmis à un certain point de la transmission, celle-ci étant entendue dans le sens mécanique le plus large.

1. Voir chronique de septembre 1880, page 307

Cette mesure s'effectue au moyen de dynamomètres. M. Buchetti n'a pas traité cette question, probablement parce que ces appareils ne s'appliquent pas directement aux machines à vapeur et n'enregistrent pas, à proprement parler, le travail produit par la machine même (il y aurait toutefois lieu de faire une exception en faveur du pandynamomètre de M. Hirn, lequel d'ailleurs ne paraît pas avoir été appliqué par d'autres que par son auteur). Nous exprimerons cependant le regret que M. Buchetti n'ait pas consacré quelques pages à ces appareils, qui ont pris une certaine extension depuis plusieurs années. On ne saurait y faire allusion sans évoquer le souvenir du général Morin; notre regretté collègue Bourdon a présenté une solution du dynamomètre de rotation, remarquable comme tout ce qu'il a fait; on pourrait encore citer un grand nombre de dispositions très intéressantes. Les dynamomètres de traction rendent de grands services dans l'étude des questions de résistance sur les voies de chemins de fer et de tramways; enfin, on nous permettra de rappeler que le plus puissant dynamomètre de traction qui ait jamais été exécuté est probablement l'appareil construit en 1844 pour l'arsenal de Woolwich par notre vénéré collègue, M. Colladon, dans le but de mesurer le travail transmis aux roues des bateaux à vapeur, ce qui est bien une manière d'apprécier le travail utile des machines de ceux-ci.

Une seconde partie de l'ouvrage de M. Buchetti est consacrée à la question non moins importante de la production de la vapeur; elle comprend l'étude des combustibles, la combustion, la vaporisation, les générateurs et leurs diverses dispositions. Un appendice réunit des documents utiles, tels que les tableaux relatifs aux dimensions des soupapes de sûreté, à l'épaisseur des tôles, aux pressions et températures de la vapeur, ainsi que les lois et décrets qui ont trait aux appareils à vapeur fonctionnant à terre et à ceux des bateaux.

L'ouvrage que nous venons de présenter à la Société sera, nous n'en doutons pas, consulté avec fruit par tous ceux de ses membres qui s'intéressent à la question des machines à vapeur, surtout au point de vue pratique; il nous paraît, dans l'ordre d'idées spécial qui en a été le point de départ, devoir rendre de réels services.

On voudra bien nous pardonner d'avoir abusé de l'attention de l'auditoire en allongeant ce compte rendu par de nombreuses digressions; notre excuse est dans l'intérêt que présente le sujet et dans le désir que nous avions de rappeler en passant le rôle joué par un grand nombre de nos collègues dans les questions qui viennent de nous occuper; il est en effet impossible de parler des progrès réalisés depuis un demi-siècle dans les machines à vapeur, sans rencontrer à chaque instant des noms connus et estimés dans notre Société et dont quelques-uns ont été pour elle une véritable illustration.

M. le Président remercie M. Mallet de son compte rendu, si large et si instructif. S'il pouvait se permettre de donner un conseil à M. Buchetti, il l'engagerait à placer les pages de M. Mallet, comme préface, en tête d'une

seconde édition de son excellent ouvrage, qu'il lui souhaite prochaine. M. le Président veut aussi remercier tout particulièrement M. Mallet de ce qu'il vient de dire de M. Léonce Thomas. L'importance des services rendus par cet éminent ingénieur et sa haute valeur finiront par être appréciées de tous à la grande joie de ses anciens élèves qui savent quel était son véritable mérite.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Haag *sur le système d'exploitation et l'économie financière de son projet de chemin de fer métropolitain*. M. Haag a la parole.

M. Haag dit qu'il ne reviendra pas sur l'ensemble de son projet : il l'a déjà suffisamment développé dans les communications précédentes. Il veut aujourd'hui insister sur l'organisation du service du Métropolitain et sur l'économie financière qui permet d'en assurer la réalisation. Cette étude l'a conduit à adopter, au point de vue de l'ensemble du projet primitif, certaines modifications qu'il signalera d'abord à la Société.

Dans l'intérêt du service de l'exploitation, M. Haag a reconnu qu'il y avait avantage à faire rentrer dans le premier réseau certaines lignes qui, dans le projet primitif, faisaient partie du second réseau. Le premier réseau se compose maintenant des lignes joignant la gare Saint-Lazare, la gare du Nord et la gare de l'Est, d'une part, avec la gare de Vincennes, la gare de Lyon, la gare d'Orléans et la gare Montparnasse, de l'autre. Le second réseau consistera dans le complément de *la petite ceinture*, partie comprise entre la gare de Lyon et la gare Montparnasse en suivant les boulevards extérieurs, plus un tracé rejoignant la gare de la Bastille à la ceinture à Ménilmontant, de manière à desservir ces quartiers fort déshérités de Paris.

M. Haag expose alors comment son projet peut être réalisé et par quels moyens cette œuvre considérable peut être exécutée. Comme il s'agit de traverser Paris à ciel ouvert, sur un viaduc, au moins dans la plus grande partie du tracé, M. Haag conçoit, d'une part, une Société immobilière devant exécuter l'œuvre et, d'autre part, un service d'exploitation pouvant être fait par une compagnie spéciale, par le syndicat des grandes compagnies ou par les grandes compagnies elles-mêmes. Les trains circulant sur les voies établies par la Compagnie immobilière devront acquitter un droit de péage, exactement comme les navires qui traversent le canal de Suez ont un droit à payer à la compagnie qui a construit et qui entretient le canal.

Quant au mouvement des trains, il résulte des considérations suivantes :

Il y a d'abord ce qu'on peut appeler le Métropolitain ceinture, c'est-à-dire les services qui constituent le complément de la Ceinture actuelle. Cette ceinture n'est en somme qu'un embryon de Métropolitain, puisqu'elle ne dessert que les quartiers excentriques, sans les relier au centre de Paris. Par la création des jonctions précédemment indiquées et reliant les grandes gares au centre, on peut arriver à faire circuler les trains de Ceinture dans Paris, en les amenant jusque dans l'intérieur de la ville.

Actuellement, la Ceinture a un mouvement de quatre trains par heure,

dans la partie sud de la ligne. Quand les passages à niveau de la région nord seront supprimés, on aura un mouvement d'au moins quatre trains par heure sur tout le parcours. M. Haag part de cette supposition et indique les circuits que ces trains pourraient suivre, lorsque le Métropolitain projeté sera créé. (On trouvera, dans le Mémoire qui sera publié *in extenso*, tous les détails nécessaires pour comprendre le mécanisme de ces circuits).

M. Haag est certain d'arriver à répondre parfaitement aux besoins de la circulation, en faisant passer sur chaque point un nombre de trains proportionné à ces mêmes besoins.

Ainsi, dans la section comprenant les grands boulevards, les Halles centrales, la rue de Rivoli et la Seine, on aura facilement douze trains par heure. On n'en aura plus que six dans la partie comprise entre ce tronçon central et les gares respectives de Saint-Lazare, du Nord et de Montparnasse, comme aussi sur la partie comprise entre Courcelles et le bois de Boulogne. Enfin, le mouvement sera de quatre trains par heure sur tout le reste de la Ceinture.

Seulement, ces trains, au lieu de tourner autour de Paris et de conduire les voyageurs, de Montmartre par exemple à Belleville ou à Bagnolet, les conduiront au centre de Paris en décrivant des espèces d'arcs de cercle et en rentrant dans Paris par les rayons des secteurs.

Toute la périphérie de Paris sera ainsi mise en communication avec le centre, et il y aura en outre des trains allant encore d'une station de la Ceinture à une autre.

Tout compte fait, on pourra avoir dans le centre de Paris, c'est-à-dire dans la section comprise entre les grands boulevards, les Halles centrales, l'Hôtel de Ville et la rue de Rivoli, un train toutes les cinq minutes, dans les deux sens, soit cinq cents trains par jour.

En dehors de ce mouvement, qui répond à ce qu'on pourrait appeler le *Métropolitain ceinture*, on a encore à considérer le *Métropolitain transit* constitué par les trains venant d'une banlieue, traversant Paris, et gagnant une autre banlieue. Comme l'artère centrale est, par ses extrémités, en communication avec les grandes lignes aboutissant à Paris, ce service de transit comprendra des trains de petite banlieue, des trains de grande banlieue, des trains de grandes lignes et, enfin, des trains de marchandises.

M. Haag explique le mouvement de tous ces trains et évalue leur nombre. Il montre quels groupements on peut établir dans les trains de petite banlieue suivant leurs points de départ, quelles voies spéciales leur sont nécessaires. Il passe aux trains de grande banlieue où l'équilibre entre les groupes opposés se maintient. Il décrit les trains de grandes lignes, qui pourraient transiter à travers Paris, comme cela se fait à Berlin : soit qu'un train se bornât à traverser Paris, en allant, par exemple, de la gare de Lyon à la gare Saint-Lazare, pour prendre ou déposer des voyageurs ; soit que ce train continuât sa route sur la ligne de l'Ouest.

Sur les deux voies consacrées exclusivement au service du transit, il y a

encore à étudier un certain mouvement de marchandises sur lequel M. Haag insiste. Il parle notamment du service des Halles, qui est considérable, et s'élève à environ mille tonnes par jour pour les marchandises expédiées par les grandes gares. On transporte aujourd'hui ces marchandises par camionnage. On obtiendrait une grande économie, si les chemins de fer pouvaient les amener en face des Halles.

M. Haag passe à l'examen de l'économie financière de son projet ou à l'étude spéciale du chapitre concernant les dépenses et les recettes de l'entreprise.

Quelles sont d'abord les dépenses qui incomberaient à la Société immobilière dont il a parlé, et qui exécuterait l'ouvrage sans se charger de l'exploitation?

Outre les dépenses de construction et du gros œuvre, il y a les dépenses d'expropriation. Dans la partie centrale, entre la gare Saint-Lazare et la gare de Lyon, le projet est à ciel ouvert. On a à établir un viaduc dans une rue nouvelle à percer, ce qui entraîne environ cinq kilomètres d'expropriation.

M. Haag a cherché à dégager la construction du chemin de fer de l'opération de voirie.

Le mieux serait évidemment de border le viaduc de deux rues parallèles, mais cette combinaison, si elle devait être réalisée sans le concours de la ville, mettrait à la charge de la Société une dépense considérable et hors de proportion avec ses ressources. C'est déjà beaucoup que le Métropolitain puisse se suffire à lui-même. On ne peut pas lui imposer de donner gratuitement à la ville de Paris un boulevard de onze kilomètres de longueur. M. Haag, dans ses calculs, fait donc la part de ce qui incombe réellement à la Société et de ce qui doit revenir légitimement à la ville. Il ajoute que toutes les appréciations ont été faites avec un pessimisme voulu.

Pour la grande ligne centrale du projet, on est forcé d'exproprier une surface de 136 000 mètres carrés, estimée à la somme de 331 633 893 francs, ce qui met le mètre carré au prix de 2 436 francs en moyenne, prix très élevé pour Paris. Mais comme on est obligé d'exproprier sur une largeur plus grande que celle qui est strictement nécessaire, il faut compter, à titre de résidus, 67 450 mètres carrés qu'on revendra 46 996 000 francs, d'où un prix moyen de 696 francs par mètre revendu, évaluation en revanche des plus modeste.

On arrive ainsi, pour l'opération, à une surface nette de 68 000 mètres carrés, coûtant 285 millions de francs, c'est-à-dire à un chiffre de 4 175 francs par mètre carré.

En appliquant le même calcul à l'embranchement destiné à rejoindre la ligne du Nord, il faut ajouter une dépense de 30 millions à la précédente.

Enfin, pour les portions de lignes qu'on doit faire en souterrain sur la rive gauche, puisque le tracé passe sous la Montagne Sainte-Geneviève, il y a très peu d'expropriations à faire, et la dépense supplémentaire n'est que de 1 200 000 francs. M. Haag remarque, à ce sujet, que les parties en

souterrain sont d'ailleurs placées dans les régions où les catacombes n'existent pas, et à une assez grande profondeur pour être à l'abri des difficultés sans nombre que rencontrerait l'exécution d'un tunnel dans la partie basse de la rive droite.

En résumé, le total des expropriations représente 316 millions de francs.

Quant aux travaux d'art, le mètre courant de viaduc en maçonnerie de 15 mètres de largeur, a été estimé à 4 500 francs, et le mètre courant de viaduc métallique à 3 500 francs. Le pont à construire sur la Seine peut être évalué à 1 500 000 de francs. Les ponts divers au-dessus des rues varieront de 2 500 à 3 000 francs le mètre; le souterrain de la rive gauche peut être porté à quatre millions le kilomètre en moyenne. Il ne reste plus qu'à ajouter environ trois millions pour raccordements avec la ceinture aux extrémités des jonctions avec les grandes lignes. L'ensemble des travaux d'art reviendrait ainsi à 50 millions.

M. Haag passe ensuite en revue les dépenses de la superstructure. Il lui a semblé qu'il devait adopter, pour les voies, des rails en acier très pesants. Sur un Métropolitain, il faut, en effet, avoir aussi peu de réfections à faire que possible: elles entravent grandement le service et sont très coûteuses. Le rail du Métropolitain de Londres pèse 43 kilogrammes; on peut donc prendre un rail en acier de 45 kilogrammes pour celui de Paris. En estimant la voie à son prix de revient à Paris, on obtient 80 francs par mètre courant de double voie ou, pour les 21 kilomètres de parcours, 1 680 000 francs. On a compté 2 000 francs par kilomètre et, en outre, 7 000 francs par gare, pour le matériel fixe, signaux et accessoires.

Le chapitre des stations n'atteindra pas un chiffre élevé; car elles sont projetées dans l'intérieur du viaduc et consistent en un simple trottoir recouvert d'une marquise. M. Haag en a supposé d'ailleurs de deux types, suivant leur importance. Celles du premier type coûteraient 200 000 francs, et celles du second type, 75 000 francs. Il faut ajouter les stations souterraines, celles de passage, et celles qui correspondent aux gares du Nord et de Montparnasse qu'on établirait sous les cours des gares actuellement existantes au prix de 150 000 francs.

En résumé, si l'on additionne toutes les dépenses énumérées successivement, on parvient à un total de 370 millions pour la construction de l'ensemble des lignes composant le premier réseau.

Si l'on divise cette somme par 21, on trouve une moyenne de 17 millions et demi par kilomètre. Il y a loin de là, on le voit, aux chiffres fantastiques de 100 et 150 millions par kilomètre, qu'on a si souvent mis en avant.

En dehors de ces dépenses, la Compagnie immobilière aurait à sa charge l'entretien de l'ouvrage en tant que gros œuvre, et la Compagnie exploitante répondrait de l'entretien de la voie et de la superstructure en général. Ces dépenses ont été évaluées au chiffre, fort important, de 650 000 francs par an et par kilomètre, y compris les frais d'administration.

M. Haag, après avoir parcouru ainsi le chapitre des dépenses de la Compagnie immobilière, passe à l'examen des recettes.

Ces recettes consisteraient dans le péage des trains empruntant les voies du Métropolitain, comme il a été dit plus haut et comme cela a lieu pour le canal de Suez.

Ce péage peut s'établir par plusieurs méthodes, et il y a beaucoup de combinaisons possibles.

On peut supposer, par exemple, que chaque train traversant le Métropolitain payera un péage déterminé. — On peut admettre un prélèvement de tant pour cent sur la recette quelle qu'elle soit. — Enfin, on peut convenir que la Compagnie exploitante abandonnera la recette à la Compagnie immobilière, en se faisant rémunérer seulement des frais de traction sur le Métropolitain.

De ces différentes méthodes, la plus simple, au point de vue d'un examen sommaire de la question, serait celle d'un droit de péage par chaque train transitant sur le Métropolitain. M. Haag ajoute qu'en raison des avantages multiples, procurés par l'exécution de ce projet aux grandes compagnies, il peut être permis d'espérer que celles-ci en favoriseraient l'exécution, soit en assurant à la société immobilière un minimum de recettes, soit en la faisant bénéficier de leur crédit et lui permettant ainsi de constituer une partie de son capital dans des conditions très économiques, soit enfin par toute autre combinaison facile à imaginer.

Si l'on estime ce droit de péage seulement à 50 francs par trains, on arrive au chiffre de seize millions de francs par an.

A ce chiffre, s'ajoutera le revenu des boutiques établies sous le viaduc.

Pour ces locations de boutiques, M. Haag s'est encore placé dans les conditions les plus défavorables. Il a admis que la Compagnie resterait livrée à ses seules ressources, que la ville de Paris ne créerait pas de rues latérales, et qu'on aurait simplement un passage sous le viaduc, avec boutiques bordant ce passage. Ces boutiques comporteraient un sous-sol et un entresol, et se loueraient facilement 40 francs le mètre superficiel; ce qui permettrait de compter sur un total de deux millions de francs par an pour les locations dont il s'agit.

Enfin, le petit chemin de fer souterrain aménagé entre les caves des boutiques (et qu'on trouvera figuré sur les planches annexées au Mémoire) pourra fournir une troisième source de recettes. Ce chemin de fer constitue un boyau central qui pourra être utilisé pour certains services municipaux, par exemple pour l'enlèvement des débris des Halles qui devient tous les jours plus difficile et qui coûte annuellement à la ville, en ce moment, 248 000 francs par an. On peut transporter, également, à l'aide de ce chemin de fer souterrain, les journaux et les colis de toutes sortes, et installer près de lui des tubes pneumatiques pour dépêches, etc.

Ces revenus secondaires pourraient aisément s'élever à 500 000 fr. par an.

En résumé, le total général des recettes atteindrait au moins 18 millions et demi par an.

M. HAAG doit examiner maintenant la situation de la Compagnie exploitante, quelle qu'elle soit et, selon lui, les grandes compagnies sont toutes désignées pour ce rôle important.

Les dépenses d'exploitation peuvent être estimées à 2 fr. 50 par *train-kilomètre*. Le parcours moyen des trains circulant sur le premier réseau est de 7 kilomètres; ce qui conduit à une dépense de 17 fr. 50 par train. L'ensemble des frais d'exploitation, pour les 800 trains par jour calculés par M. Haag, atteindrait donc, en chiffre rond, 5 millions par an.

Comme la compagnie fermière ou les grandes compagnies auraient à payer en outre seize millions à la Compagnie immobilière pour droits de péage, on arrive finalement à un total de vingt et un millions de francs par an, à la charge de la compagnie exploitante.

Y a-t-il possibilité pour elle de retrouver ces vingt et un millions? Pour répondre à cette question, M. Haag étudie les recettes probables, en supposant l'exploitation faite dans les conditions précédentes.

Si l'on admet que les voyageurs payent 0 fr. 25 par place en moyenne, il faut 80 millions de voyageurs par an pour donner 20 millions de recette. Il en faudrait 100 millions, si l'on abaissait le prix des places à 0 fr. 20. Or ces chiffres peuvent certainement être atteints.

M. HAAG, dans une communication précédente, a déjà cité le mouvement des omnibus, qui est de 200 millions de voyageurs par an. Pour l'omnibus de la Madeleine-Bastille, il est, en particulier, de 16 millions; et, pour le tramway de la Bastille-Saint-Ouen, de 10 millions.

Si l'on objecte que le rôle du chemin de fer Métropolitain est tout autre que celui des omnibus, que l'omnibus doit servir surtout aux courts trajets et qu'il a l'avantage de pouvoir être pris en route, tandis qu'il faut aller chercher le chemin de fer aux différentes stations; M. Haag répondra que le chemin de fer aura en somme, comme affluents tout indiqués, les transports des omnibus aux points peu éloignés des stations, et que les deux moyens de locomotion s'entr'aideront au lieu de se faire concurrence.

M. HAAG cite encore, par analogie, le mouvement des bateaux-mouches, qui transportent 18 millions de voyageurs par an, et le mouvement de la Ceinture, entre la gare Saint-Lazare et Auteuil. Cette section constitue, en réalité, un véritable tronçon de métropolitain et, comme l'a déjà fait remarquer M. Haag, son projet n'est que le complément naturel et indispensable de la Ceinture. Or, la section dont nous parlons a 8 kilomètres de longueur et comporte un mouvement de 15 millions de voyageurs par an, et encore les voyageurs qui la traversent sans s'y arrêter ne sont-ils pas compris dans ce chiffre.

En adoptant la même proportion pour les 21 kilomètres du Métropolitain de Paris, on arriverait déjà à 40 millions de voyageurs; mais ce chiffre est évidemment beaucoup trop faible, car il n'y a nulle comparaison à faire entre la ligne d'Auteuil traversant des quartiers qui commencent à peine à se peupler et les parties du Métropolitain desservant le centre de Paris.

M. HAAG estime donc que les 80 ou les 100 millions de voyageurs néces-

saires pour produire vingt millions de recettes ne doivent pas faire doute. Le million manquant pour parfaire les vingt et un millions à payer à la Compagnie immobilière, serait fourni par les marchandises.

On peut contrôler le chiffre total des recettes, en considérant la composition des trains du Métropolitain.

Un train normal serait composé régulièrement de dix voitures, six de seconde classe et quatre de première. Les voitures de seconde classe représentent chacune 72 places, et celles de première 24 places, si l'on admet les anciens types qu'il y aurait évidemment lieu de modifier pour le service du Métropolitain.

Dans ces conditions, un train normal offrirait au public 528 places.

D'autre part, si l'on impose à chaque train un droit de péage de 50 francs, ce qui ramène approximativement à une contribution totale de 15 millions par an, et si l'on ajoute à cette somme les frais d'exploitation établis plus haut ou 17 fr. 50 par train, on arrive pour chaque train à une dépense totale de 67 fr. 50.

Les trains de 528 places n'auraient donc besoin que de transporter 270 voyageurs à 0 fr. 25 pour couvrir ces frais.

C'est là, pour Paris, une très faible proportion.

En effet les omnibus présentent, les uns 26 places, les autres 40 places. La moyenne des voyageurs est de 36 par trajet complet, et l'on tient compte dans cette moyenne des mauvaises lignes où l'omnibus marche souvent presque à vide.

Dans les tramways, la proportion est encore plus élevée, parce qu'il y a moins de mauvaises lignes. Les voitures sont ici de 48 places au plus et transportent en moyenne 53 voyageurs.

Le rapport du nombre des voyageurs transportés à celui des places offertes est donc supérieur à l'unité dans les tramways; il est à peu près égal à l'unité dans les omnibus; dans les bateaux-mouches, il est de 75 à 80 pour 100. En admettant, pour le Métropolitain, 270 voyageurs pour 528 places, le rapport dont il s'agit ne serait guère que de 50 pour 100 environ. On peut donc être sûr qu'il sera, dans la pratique, largement atteint, sinon dépassé.

Il faut tenir compte aussi des marchandises. M. Haag a déjà parlé des Halles et a dit qu'on pouvait évaluer à 1000 tonnes par jour, le mouvement correspondant. Le transport par camion coûtant 5 francs par tonne, c'est 5000 francs par jour, ou près de deux millions par an. Le service des Halles se développerait d'ailleurs beaucoup, si le Métropolitain était créé. En évaluant seulement à un million le produit du transport des marchandises, on reste dans les termes d'une évaluation fort modeste, et l'on retrouve les seize millions à payer pour l'usage des voies à la Compagnie immobilière.

Il faut ajouter que la pénétration des lignes de banlieue dans le centre de Paris, accroîtrait singulièrement l'importance de leurs recettes; et l'appui financier des grandes compagnies, ne saurait, dans tous les cas, manque à la compagnie du Métropolitain.

M. Haag termine en faisant observer que la ville de Paris a un intérêt considérable à la réalisation de son projet.

Si elle refuse de s'associer à l'opération, on lui livrera néanmoins un chemin de fer intérieur, avec ces passages couverts si chers aux Parisiens, traversant la Cité de part en part et sans qu'il lui en coûte rien.

Si, au contraire, la ville de Paris consent à s'associer à l'entreprise, la Société immobilière offre de lui verser trois cents millions, comme subvention pour la nouvelle percée à faire.

Comme la ville exproprie à de meilleures conditions qu'une société particulière, et que, de plus, l'expropriation *large* revient à meilleur marché que l'expropriation *restreinte*, les travaux de voirie s'effectueraient alors à des prix exceptionnels, et les dépenses de la ville deviendraient presque insignifiantes. Enfin, il serait possible qu'elle devînt propriétaire du chemin de fer à l'expiration de la concession, et elle se trouverait ainsi dotée d'une propriété ayant une valeur considérable.

A un point de vue plus général, au point de vue de l'État, on ne lui demande non plus aucun sacrifice, et on construit pour lui 21 kilomètres de chemins de fer, formant évidemment le nœud du réseau français et complétant admirablement l'ensemble des communications nationales.

Il est inutile d'insister sur ce point, pas plus que sur l'intérêt stratégique qui serait considérable, au point de vue du transport rapide des troupes, de la mobilisation des corps d'armée et de la défense de Paris.

En ce qui touche le point de vue économique, il est certain que, si l'on dépense 300 millions d'expropriation, cet argent ne sera pas enfoui définitivement, comme si on le consacrait à des travaux souterrains. Il rentrera dans la circulation. Si les immeubles expropriés sont payés plus cher qu'ils ne valent, leurs propriétaires pourront, avec l'argent perçu, construire d'autres immeubles, et les capitaux passeront de main en main.

Le projet offre encore une heureuse solution de la question des logements d'ouvriers, en mettant tous les quartiers de la périphérie, tous les quartiers suburbains, à quelques minutes du centre de Paris.

M. Haag ne veut plus ajouter qu'un dernier mot, en remerciant l'assemblée de la bienveillante attention qu'elle a bien voulu lui accorder. On a souvent accusé son projet d'être trop grandiose. C'est un reproche qu'il accepte volontiers. Il ne pense pas en effet que, pour une ville comme Paris, il faille faire mesquinement les choses, surtout lorsqu'on peut les faire grandiosement dans des conditions aussi économiques que celles qui viennent d'être développées.

M. le Président dit que, si personne ne réclame la parole sur la communication de M. Haag, il demande la permission de le remercier très vivement de l'exposé qu'il vient de faire avec tant de clarté et qui complète le dernier mémoire qu'il a présenté à la Société.

La discussion relative aux différents projets de métropolitains, aériens ou souterrains, demeure ouverte. Plusieurs projets ont été défendus devant la Société, les uns grandioses comme celui de M. Haag, les autres plus mo-

destes. Il y a lieu de peser toutes les faces de la question. Nous n'avons pas à décider. Mais nous pouvons être fiers que cette discussion ait eu lieu au sein de la Société des Ingénieurs civils. C'est une preuve de notre vitalité et de notre influence. Tous ces importants travaux sont consignés, décrits dans nos Bulletins, et leur donnent une grande valeur. Quand l'un de ces projets aura été adopté, celui de M. Haag, celui de M. Jules Garnier, ou tout autre, on sera heureux de retrouver dans notre collection de Mémoires tous ces germes, toutes ces études du Métropolitain qui sera certainement exécuté prochainement, parce que Paris souffre de son absence, et que nous ne pouvons rester en arrière de Berlin, de New-York, et des autres grandes capitales.

MM. Gandillot, Pierron, de Saintignon et Tamy, ont été reçus membres sociétaires.

MM. Bousrey, Hutchinson et Pierre Milinaire, ont été reçus membres associés.

La séance est levée à onze heures moins le quart.

Séance du 24 Avril 1885.

Présidence de M. de Comberousse

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 10 avril est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de M. Huguin, membre associé, et celui de M. de Crémont, membre sociétaire.

M. le Président dit que son regret est d'autant plus vif, pour le dernier nom qu'il vient de prononcer, que M. de Crémont était sorti de l'École centrale, second de sa promotion, en 1881. Il était doué de qualités remarquables et promettait de faire un ingénieur distingué. C'est une perte pour le génie civil. M. de Crémont est mort à vingt-six ans.

M. le Président fait part à la Société de la nomination de M. Rocaché comme chevalier de la Légion d'honneur et de celle de M. Maurice Mathieu comme chevalier de l'Ordre de Charles III d'Espagne.

Il signale, parmi les ouvrages offerts à la Société, plusieurs travaux remarquables de MM. Léon Malo, Félix Mangini, Appert, Urbain et Revaux, tous membres de la Société.

On en trouvera plus loin le détail.

M. le Président a déjà appelé, dans la dernière séance, l'attention de la Société sur la souscription internationale qui a été ouverte pour l'érec-

tion d'une statue à Nicolas Leblanc, l'immortel inventeur du procédé d'extraction de la soude artificielle.

D'après les renseignements pris, le comité a cru devoir voter, aujourd'hui même, une somme de cinq cents francs pour la participation de la Société, considérée comme corps, à cette souscription. Mais cette détermination ne doit pas empêcher les membres de la Société de souscrire individuellement. Les étrangers, aussi bien de l'autre côté de la Manche que de l'autre côté du Rhin, ont apporté leur offrande; et il semble à M. le Président qu'il y aurait quelque chose de regrettable, si le chiffre de la souscription française se trouvait inférieur à celui de la souscription étrangère. Il se permet donc de faire appel aux industriels et aux chimistes plus spécialement intéressés à cet acte de reconnaissance nationale, et il leur sera doublement reconnaissant si, en apportant leur obole personnelle, ils veulent bien mentionner leur qualité de membres de la Société des Ingénieurs civils.

Les souscriptions doivent être adressées à M. Petit, président de l'Association des pharmaciens de France et trésorier de la Société chimique de Paris, 8, rue Favart.

Le comité organisateur de l'Exposition Aragonaise nous a adressé la lettre suivante :

« Très honoré Monsieur,

« Nous avons l'honneur de vous adresser ci-joint une invitation pour l'Exposition Aragonaise, dans l'espoir que vous voudrez bien lui accorder votre active et intelligente coopération.

« Nous vous serons aussi tout particulièrement reconnaissants si vous avez l'obligeance de nous prêter votre concours pour donner la plus grande publicité possible à cette Exposition dont Saragosse attend de grands résultats, et pour y encourager l'affluence des exposants.

« Veuillez, Monsieur, agréer l'hommage de notre parfaite considération.

« Le Président,

« DESIDERO DE LA ESCOSURA. »

Le règlement de l'Exposition Aragonaise sera déposé au secrétariat, pour être consulté au besoin par les membres de la Société.

La parole est à M. Auguste Moreau pour son résumé d'une *Note* de notre confrère hollandais, M. Post, *sur les traverses métalliques.*

M. AUGUSTE MOREAU. M. Post débute en rappelant que la consommation des bois pour traverses de chemin de fer va en augmentant constamment, tandis que les forêts disparaissent sur notre continent, surtout dans les pays où les railways sont le plus développés. L'usage des traverses métalliques s'imposera donc, selon lui, à courte échéance.

Les essais faits jusqu'à ce jour n'ont pas donné les résultats qu'on en

attendait, surtout parce qu'on ne s'est pas suffisamment attaché, sur une petite ligne d'essai, à perfectionner peu à peu les systèmes et à en corriger méthodiquement les défauts primitifs. M. Post regrette surtout de voir qu'en France l'étude de cette question ait été si délaissée.

Voici, d'après M. Post, les principaux avantages inhérents au système et qui sont basés sur une période d'essais de douze années à l'étranger.

1° La durée moyenne des traverses restant dans la voie après douze ans de service est bien plus grande avec les traverses métalliques d'un bon système qu'avec les meilleures billes en bois.

2° La sécurité est mieux garantie, grâce au maintien de l'écartement des rails.

3° Les frais d'entretien diminuent à partir de la deuxième année de service, tandis qu'avec le bois, ces frais augmentent avec l'âge des traverses.

4° On est arrivé à trouver des systèmes d'attache absolument sûrs et moins coûteux d'entretien que les attaches sur traverses en bois.

5° La valeur de la traverse métallique mise hors de service est supérieure à la valeur de la vieille traverse en bois.

En tenant compte de ces avantages et en les combinant avec les frais d'achat, d'amortissement, d'intérêt, etc., on arrive, dit M. Post, à cette conviction qu'il n'y a pas de contrée où l'emploi exclusif des traverses en bois *soit économique* dans le sens large du mot. Il en donne pour preuve la *Hollande*, qui se procure assez facilement le bois, qui n'est pas considérablement outillée au point de vue métallurgique, et chez laquelle cependant *toutes* les compagnies de chemins de fer ont adopté *la traverse métallique*.

Les premières traverses pêchaient par leur faiblesse : on était surtout préoccupé, bien à tort, de leur donner un poids tel que leur prix de revient ne dépassât point celui des traverses en bois, et on arrivait ainsi à des poids de 25 à 30 kilogrammes la pièce, tout à fait insuffisants. La partie sur laquelle repose le patin du rail surtout était affaiblie parce que :

1° Les lumières pour les attaches réduisent sensiblement la section ;

2° Le poinçonnage rend l'acier cassant dans le voisinage du trou, surtout lorsqu'on emploie de l'acier dur ;

3° Le patin du rail et les attaches s'incrustent à la longue dans la surface supérieure de la traverse ;

4° En supposant un bourrage rationnel, le moment dû à la résistance du ballast est maximum à l'endroit de la charge ;

5° Les chocs dus au passage des roues sont transmis à ces endroits directement sur la traverse ;

6° Dans plusieurs systèmes de traverses, cette partie est fatiguée par la fabrication même et par les inflexions, courbures à froid, estampage à chaud, nécessaires pour obtenir l'inclinaison de 1/20.

Comme conséquence, les traverses métalliques eurent un insuccès complet ; ou bien les défauts précédents, entraînant des flexions exagérées, des débourrages continus, des cassures, etc., firent abandonner le système ; ou

encore, pour éviter ces inconvénients, on éleva le poids des traverses jusqu'à 75 kilogrammes : elles donnèrent alors d'excellents résultats, mais leur prix beaucoup trop élevé les rendait peu pratiques.

Toutes les tentatives faites pour renforcer la traverse en ses endroits faibles au moyen de selles fixées par des rivets, des boulons, crochets ou coins, échouèrent parce que :

1° Ces accessoires plus compliqués augmentent le prix de la traverse ;

2° La solidarité entre le rail et sa traverse devient moins sûre que lorsque le patin repose directement sur cette dernière.

Aussi M. Post dirigea-t-il ses recherches dans le but d'obtenir une traverse ne présentant pas ces inconvénients. Voici comment il croit y être parvenu.

Le fond de son procédé consiste à fabriquer des traverses métalliques qui, au laminage même, au sortir des cylindres, présentent : 1° l'inclinaison voulue au 1/20 de la surface supérieure et 2° le renforcement du tablier à l'endroit du patin du rail. L'application peut s'en faire aisément à toutes les traverses de profils courants qui ressemblent toujours en somme à un U plus ou moins évasé et renversé. M. Post en donne onze exemples dont les types sont indiqués sur une planche annexée au mémoire. Il s'étend un peu de préférence sur le profil adopté sur les chemins de fer de l'État néerlandais (fig. 9), dont le poids ne dépasse pas 50 kilogrammes, qui se lamine facilement, présente une large surface de contact au patin et se bourre commodément de ballast de quelque nature que ce soit.

Elle a la forme générale précitée : elle est fermée à ses deux extrémités pour éviter la sortie du ballast qu'elle renferme, et ses deux rebords sont munis de boudins en saillie qui ont leur utilité.

En même temps, on y apportait une foule de perfectionnements de détail et de parachèvements qui, en pareille matière, sont pour beaucoup dans le succès d'un système.

Ainsi, pour éviter les criques qui se produisent surtout au poinçonnage avec l'acier dur, on emploie de l'acier doux (Thomas ou Bessemer). Pour le même motif, les trous rectangulaires percés dans la traverse ont tous leurs angles arrondis par de petits congés qui sont naturellement reproduits sur la tête carrée du boulon d'attache. En outre, on a pris la coutume sur les chemins de fer de l'État néerlandais, pour obtenir une sorte de recuit, de poinçonner les traverses avant de chauffer les bouts pour les fermer.

M. Post paraît d'ailleurs s'être particulièrement ingénié à avoir un système d'attache simple et sûr à la fois. La plupart des inventeurs ont cherché à éliminer les boulons à cause de l'inconvénient du desserrage des écrous. Ici ils ont été conservés avec certaines précautions. Un crapaud perforé en regard du trou de la traverse laisse passer le boulon à tête carrée, dont l'écrou est serré à fond sur une rondelle Grover que M. Post appelle rondelle-ressort. Ce crapaud saisit le patin du rail et le fixe énergiquement sur la traverse. Les dessins annexés font mieux comprendre la chose que toute description.

Le glissement longitudinal des rails est empêché par l'adjonction sur les deux traverses de joint, de crapauds qui viennent toucher les éclisses du joint.

L'auteur donne ensuite des indications fort intéressantes sur la pose, le moyen d'obtenir le surécartement dans les courbes rien que par l'usage de deux types différents de boulons excentrés dont la combinaison et le rapprochement aux extrémités d'une même traverse, en reculant ou rapprochant un peu le rail vers le centre, donne l'écartement voulu entre les rails de la voie.

Si, comme l'exigent certaines compagnies, c'est le crapaud qui, seul, doit transmettre l'effort latéral du patin du rail sur la traverse, de manière que le boulon ne travaille qu'à la traction et n'ait à subir aucune tendance au déversement, on emploie un crapaud présentant une saillie qui pénètre dans le trou, un peu agrandi, de la traverse. Les différences d'écartement s'obtiennent alors avec des crapauds à saillies de différentes épaisseurs. La traverse est ainsi un peu affaiblie ; par contre, le boulon est plus simple, ne présentant qu'un seul collet carré destiné à l'empêcher de tourner dans son trou.

La distribution des traverses a lieu à peu près comme si elles étaient en bois. Il y en a dix par rail de 9 mètres; leur espacement moyen est donc de $0^m,962$ et de $0^m,57$ au joint qui est toujours en porte à faux. M. Post recommande aussi l'usage d'éclisses laminées à section variable comme les traverses elles-mêmes. Il termine par quelques remarques importantes que nous croyons utile de reproduire ici.

Lorsqu'on veut faire usage de traverses métalliques, il ne suffit pas de choisir le meilleur système de traverses ou d'attaches, il faut encore surveiller scrupuleusement la fabrication et surtout obtenir du personnel un bourrage soigné du ballast, non seulement à la pose même, mais encore pendant les premiers mois de l'entretien. Car c'est encore une des particularités de la traverse métallique de ne pas avoir son entière stabilité avant que le prisme creux inférieur ne soit rempli de ballast; et, négliger le bourrage à cette époque, c'est massacrer le système.

Aussi, paraît-il réellement plus avantageux d'employer les traverses en bois sur les terrains mouvants qui s'enfoncent continuellement ; il y a en effet dans ce cas toujours des creux à remplir et cela devient très dispendieux à la longue.

Mais une fois la consolidation bien obtenue, l'économie et la sécurité se dessinent nettement, affirme M. Post, en faveur de la traverse métallique, celle-ci dût-elle coûter à l'origine 25 à 50 pour 100 de plus que la traverse en bois.

Le développement de cette fabrication, qui atteint presque en Allemagne celle des rails, pourrait être en outre un immense appoint pour notre industrie sidérurgique et toutes les corporations qui s'y rattachent.

M. Auguste Moreau ajoute, pour être impartial, qu'il a reçu la visite et les réclamations d'un de nos collègues, M. Goupillon, ingénieur des che-

mins de fer de l'Ouest-Algérien, qui lui a signalé une traverse métallique, dont il est l'inventeur et qui ressemble considérablement à la traverse de M. Post. Il y a là une question de priorité que la Société n'a pas pour mission de rechercher, mais qui est intéressante à signaler. M. Goupillon a un système d'attache un peu différent.

Le rail est fixé à la traverse au moyen d'une pièce de bois placée sous celle-ci à l'aplomb du patin du rail, et dans laquelle pénètrent des tire-fonds. Le point caractéristique et fondamental de ces deux traverses est l'épaulement venu au laminage, et cette condition paraît avoir été parfaitement remplie par M. Goupillon aussi bien que par M. Post.

M. Auguste Moreau dit que plusieurs de nos collègues ont étudié, dans ces dernières années, la question toute d'actualité des traverses métalliques. Ainsi, M. Séverac a imaginé un système très rationnel de traverses basées sur l'emploi du fer à T; M. G. Chevalier est également l'auteur d'un système fort ingénieux. Si ces messieurs voulaient nous faire sur leurs systèmes des communications détaillées, il pourrait en résulter des discussions très intéressantes, qui amèneraient peut-être une conclusion.

Pour le moment et à l'encontre des conclusions si fermes de M. Post, on peut affirmer que les grandes compagnies de chemins de fer français ne sont nullement convaincues de la nécessité de faire usage des traverses métalliques; elles emploient d'excellentes traverses en bois qui sont peu coûteuses et qui, en bois dur ou créosoté, durent de 20 à 25 ans. Dans ces conditions, on comprend parfaitement que leur enthousiasme pour toute innovation soit médiocre.

L'adoption des traverses métalliques profiterait surtout à notre industrie sidérurgique, aujourd'hui si éprouvée, et ce point de vue est incontestablement des plus intéressants. Mais les grandes compagnies sont obligées de se placer à un point de vue tout différent et il ne paraît pas qu'elles aient, jusqu'à ce jour, senti le besoin de modifier leur matériel dans cette direction.

M. Auguste Moreau aperçoit dans la salle M. Contamin, l'éminent ingénieur du matériel de la voie de la compagnie du Nord, et il pense que s'il le voulait il pourrait fournir des renseignements précis et fort instructifs sur l'état réel de la question.

M. le Président dit que M. Level a demandé la parole pour présenter quelques considérations générales; mais que si M. Contamin veut bien, avec l'assentiment de M. Level, nous donner quelques renseignements à ce sujet, nous serons heureux de l'entendre.

Il remercie M. Moreau de son intéressant résumé, et M. Post le remerciera aussi certainement quand il le lira.

M. Contamin est tout disposé, puisque M. le Président veut bien l'y inviter, à résumer l'état de cette question, telle du moins qu'il la comprend.

Il y a plus de vingt ans que l'on étudie et essaye des types de traverses métalliques, et si l'on n'est pas encore arrivé à trouver une solution que l'expérience ait consacrée et qui se soit imposée, c'est qu'on ne s'est peut-

être pas suffisamment attaché à bien définir les conditions qu'elles doivent remplir; puis, il faut bien le dire, c'est que l'intérêt de substituer le fer au bois n'est pas aussi évident qu'on l'affirme, aux yeux, du moins, de beaucoup d'ingénieurs de chemins de fer, tout naturellement portés à ne rechercher dans cette solution que les avantages à en retirer au seul point de vue de la constitution de la voie.

Lorsqu'on n'envisage que ce dernier point de vue, il faut, pour que la traverse en métal puisse être substituée à celle en bois, qu'elle remplisse, au moins aussi bien, toutes les conditions auxquelles cette dernière donne satisfaction, sans que pour cela le prix d'établissement et d'entretien de la voie s'en trouve sensiblement modifié. Quant aux conditions mêmes à imposer à la traverse, elles se déduisent du double but qu'elle doit remplir; c'est-à-dire de maintenir tout d'abord invariable l'écartement entre chaque file de rails, ainsi que l'alignement donné à la voie, puis de transmettre les efforts exercés sur les rails au ballast en ne faisant supporter à ce dernier que des pressions ne pouvant altérer en aucune façon sa stabilité.

Pour maintenir intacts l'écartement et l'alignement des rails, il faut, non seulement adopter des moyens de fixation entre le rail et la traverse appropriés à cet effet, mais encore que la traverse reste parfaitement immobile sous le passage des trains et qu'elle présente, par suite, des surfaces d'appui sur et contre le ballast lui permettant de résister aux efforts qui tendent à la déplacer, d'une part, dans le sens de la voie, et, d'autre part, dans celui perpendiculaire à cette direction. Quant au ballast, pour que la pression qui lui est transmise n'altère en aucune façon sa stabilité, il faut non seulement que cette pression soit au plus égale à la charge de sécurité que le ballast, considéré comme sol, peut supporter, il faut aussi que cette charge, qui par le ballast est transmise à la plate-forme, soit en rapport avec la résistance que celle-ci présente à la compression.

La pression entre le rail et la traverse, lorsqu'elle est en bois, et telle qu'on l'établit en général, est considérable et peut atteindre par moment jusqu'à cent kilogrammes par centimètre carré, lorsque le contact entre ces deux corps est direct; cette pression, aucun ballast ne saurait la supporter, et l'objet de la traverse est précisément de la ramener à ne pas dépasser les limites qui se rapportent aux matériaux dont il est composé.

Au chemin de fer du Nord, on n'arrive à ce résultat sur les lignes parcourues par les trains rapides qu'en donnant aux traverses en bois des surfaces d'appui autant que possible supérieures à $2^{m},500 \times 0^{m},240$ et des épaisseurs d'au moins $0^{m},120$ sous la base du rail. Et, comme la stabilité de la voie est altérée dès que ces dimensions sont diminuées, il en résulte que les pressions répondant à ces dimensions doivent être considérées comme des limites supérieures qui ne doivent pas être dépassées dans tout système essayé pour relier le rail au ballast.

Ces considérations amènent beaucoup d'ingénieurs à considérer comme donnant lieu à des pressions trop fortes contre le ballast les traverses métalliques à profil en U renversé essayées jusqu'à présent. Il est certain

toutefois que lorsque, dans ce système, la traverse est fermée à ses extrémités et que l'on fait usage d'un ballast suffisamment dur et pouvant se transformer dans la traverse en une sorte de monolithe, on améliore très sensiblement les conditions de répartition des pressions sur le ballast placé sous la traverse, mais il faut pour cela un ballast spécial que l'on ne rencontre pas toujours.

La grande difficulté dans l'établissement d'un type de traverse métallique répondant aux conditions énoncées réside surtout dans une question de prix de revient; car, même avec les types que nous venons de citer et arrivant à ne peser que 50 kilogrammes par traverse, cette substitution devient trop onéreuse pour être adoptée sur nos réseaux français, mis de côté la considération des pressions plus grandes contre le ballast qui sont la conséquence du choix de ce type, la nécessité d'un choix particulier de matériaux pour la constitution du ballast, et enfin une considération d'un ordre qui n'est pas à négliger et qui résulte des inconvénients tout particuliers que le métal présente lors des déraillements.

Les traverses métalliques pesant au moins 50 kilogrammes ne peuvent pas revenir, en effet, en France, à moins de neuf ou dix francs, et comme les traverses en chêne, ou en hêtre créosoté, ne reviennent pas, au chemin de fer du Nord du moins, à plus de 5 fr. 50, et que leur durée dépasse de beaucoup vingt ans, il est bien évident qu'au point de vue économique, et quelle que soit la durée attribuée aux traverses en fer, on n'entrevoit aucun intérêt à cette substitution. Cet intérêt est d'autant moins apparent que la traverse métallique, ne donnant pas lieu à des pressions plus considérables au contact du ballast que le bois, *pèserait plus de* 50 *kilogrammes*, tout en présentant les inconvénients propres au métal en cas de déraillements. Si la durée des traverses en bois était bien au-dessous de celle indiquée, l'intérêt de cette substitution pourrait devenir d'autant plus urgent que le développement du trafic sur les lignes à grande circulation surtout, laisse peu de temps à l'entretien de ces lignes, mais il n'en est pas ainsi, en France du moins, et tant qu'on ne considère que l'intérêt même de la voie, on est tout naturellement amené à ne la constituer qu'avec des traverses en bois.

Le bois a fait ses preuves depuis plus de quarante ans; il présente l'élasticité et la durée voulues, il présente une constance relative dans les prix que l'on ne retrouve pas dans le fer; ces considérations expliquent la faveur qu'il a rencontrée jusqu'ici.

Si, au lieu de se placer au point de vue particulier de la voie, on considérait l'intérêt général du pays, la question pourrait changer de face et d'autres éléments seraient amenés à intervenir dans la question. Il existe en effet, en France, près de 60 millions de traverses dans les voies, qui, à raison d'une durée moyenne de vingt ans, exigent le remplacement d'environ 3 millions de traverses par an; si ce remplacement était effectué par des traverses métalliques, ce serait donc un minimum de 150 000 tonnes de métal que nos usines métallurgiques auraient à livrer aux compagnies

pendant un long espace de temps. Et cet appoint dans la production nationale, qui donnerait lieu à une circulation de plus de 1 million 500 000 tonnes de marchandises diverses et à une répartition de salaires considérables, profiterait évidemment aux compagnies, et les indemniserait en partie du surcroît de dépense occasionné par la substitution du métal au bois dans la constitution de leurs voies.

Mais c'est là une face du problème que l'ingénieur de la construction n'a pas à examiner, qui fait naître d'ailleurs bien d'autres questions, et qu'il est difficile de discuter à fond sans y être préparé.

Il convient d'ajouter que ce qui existe en France, n'existe pas dans les colonies, où la durée des traverses en bois est beaucoup moindre et où les conditions de la circulation étant tout autres comme vitesse et pression sur les rails, la différence de prix entre le métal et le bois comme traverse est moindre. Il y a lieu de remarquer aussi que les conséquences des déraillements y sont elles-mêmes réduites de ce fait dans de grandes proportions.

M. le Président remercie M. Contamin des considérations si intéressantes qu'il vient de développer et donne la parole à M. Level.

M. Level demande la permission de faire une simple observation pour compléter ce que vient de dire son excellent ami M. Contamin, dont il ne partage pas l'opinion, en ce qui concerne les traverses métalliques.

M. Level croit que les grandes compagnies auraient un intérêt considérable à faire étudier sérieusement la question des traverses métalliques. Il y a en France, à l'heure qu'il est, 50 000 kilomètres de voie ferrée simple en tenant compte des lignes à double voie, des garages et des racccordements; cela représente à peu près 60 millions de traverses enfouies dans le sol.

M. Contamin pense que les traverses durent 20 ans et même 25 ans. Il se peut que sur le chemin de fer du Nord il obtienne un pareil résultat; mais, dans beaucoup de compagnies, on ne voit pas de traverses durer un temps aussi long. M. Level demande qu'on admette une durée de dix années; en multipliant par 2, on arrivera du reste aux vingt années signalées. On aurait donc, suivant lui, 6 millions de traverses à remplacer annuellement; 3 millions suivant M. Contamin. Les 6 millions de traverses coûtent environ 6 francs pièce, cela fait à peu près 36 000 000 de francs par an que l'entretien de la voie impose. Si l'industrie métallurgique pouvait fournir ces 6 millions de traverses, il y aurait pendant 10 années quelque chose comme 360 000 tonnes d'acier à fournir. En les mettant de 130 à 135 francs la tonne, cela représenterait 50 millions de travaux pour la métallurgie, soit 25 millions suivant M. Contamin. C'est déjà quelque chose, et personne ne contestera qu'il y aurait là un grand bienfait pour la métallurgie, si malheureuse à l'heure qu'il est.

M. Contamin a dit que les chemins de fer réaliseraient des bénéfices par le transport des traverses métalliques. M. Level les croit beaucoup plus considérables que ceux qui ont été indiqués. D'après des renseignements de bonne source, on peut admettre pour chaque tonne d'acier qui sort d'une

usine dix tonnes de matières de toute nature qui entrent dans l'usine ou en sortent, soit en charbon, soit en machines, soit en produits fabriqués; ceci représenterait donc 3 600 000 tonnes de transport, qui, à raison de 10 francs par tonne, produiraient une somme de 36 000 000 de francs que les chemins de fer récupéreraient. En n'admettant même que la moitié, ce serait déjà un très beau résultat.

M. Level émet un double vœu : d'abord, que le gouvernement français s'intéresse à cette question, et qu'en 1889, à l'exposition, il y ait une place spéciale réservée aux traverses métalliques; ensuite, que la métallurgie française sorte de sa torpeur et recherche dans le monde entier les traverses métalliques qui ont été étudiées et essayées, et que, de cette étude, elle fasse sortir la vraie traverse de l'avenir. Celle-ci existe dans le cerveau humain; il s'agit de la dégager, et M. Level est sûr qu'on la trouvera en France.

M. Contamin faisait ressortir, tout à l'heure, les inconvénients des traverses métalliques en cas de déraillement. D'abord, en principe, on ne doit pas admettre qu'on déraille sur les chemins de fer; ensuite, on ne voit pas l'inconvénient qu'il y aurait à avoir en certains points de la ligne, à côté des gares, des lots de traverses métalliques comme il y a des traverses en bois.

En terminant, M. Level exprime la conviction que si M. Contamin était chargé par le syndicat des métallurgistes de rechercher une très bonne traverse métallique, il la trouverait certainement.

M. Contamin répond que comme chiffres il est d'accord avec M. Level, lorsqu'il parle des dix tonnes de matières nécessaires pour fabriquer une tonne de traverses métalliques, mais que cet accord cesse lorsqu'il n'attribue aux traverses en bois qu'une durée moyenne de dix ans. Cette durée moyenne dépasse certainement vingt années, non seulement au chemin de fer du Nord, mais dans les autres grandes compagnies françaises qui n'emploient presque toutes que du chêne ou du hêtre créosoté dans la fabrication de leurs traverses.

M. Contamin tient à rappeler l'intérêt que les grandes compagnies portent à cette question; elles ont presque toutes essayé, à plusieurs reprises déjà et sur une certaine échelle, des traverses métalliques, et le Nord en particulier en a mis près de 10 000 en expérience sur différentes parties de son réseau dès l'année 1866. C'est cet essai en particulier qui a permis de reconnaître les inconvénients qu'il a cru devoir signaler et qui, à la suite de quelques déraillements, ont amené le retrait complet de ces traverses des voies de cette compagnie. Le profil de ces traverses a été depuis modifié, l'Allemagne en fait usage en ce moment sur une grande échelle, mais on ne saurait affirmer que ce choix ne soit guidé que par des avantages propres à la constitution de la voie; il suffirait de rappeler, à cet effet, que l'Angleterre continue, jusqu'à présent du moins, à préférer le bois au métal pour cet objet particulier.

Les compagnies néanmoins ne se désintéressent pas de la question, elles

étudient et suivent les essais faits sur ce sujet, avec le plus grand intérêt, et au Nord, comme ailleurs, poursuivent des expériences sur certaines formes et avec certains profils qui semblent répondre aux programmes qu'elles se sont tracé.

M. Contamin ne voudrait pas, en terminant, laisser croire à la possibilité de fabriquer des traverses métalliques au prix de 130 ou 135 francs indiqué par son ami, M. Level. La métallurgie traverse en ce moment une crise des plus pénibles qui pourrait peut-être amener certains établissements à offrir des traverses dans ces conditions de prix, mais ils sont inférieurs au prix de revient et ne pourraient être que passagers; les diminutions considérables que l'on a fait subir aux salaires et les pertes que malgré cette diminution les usines subissent en sont la meilleure preuve. L'un des inconvénients du métal réside précisément dans les variations considérables de son prix; il n'y a pas longtemps on payait les rails en acier plus de 200 francs la tonne; aujourd'hui, on les offre à 110 francs; mais la crise terminée, rien ne dit que ce prix ne se relèvera pas bien au-dessus de 150 francs.

M. Rey demande à M. Contamin s'il ne pourrait pas donner quelques renseignements sur l'expérience qui se fait en grand au chemin de fer de l'Est. Il ne possède aucune donnée à ce sujet. Il serait intéressant de savoir à quel type la Compagnie de l'Est s'est arrêtée.

M. Contamin ne croit pas à un essai en grand fait par cette Compagnie. Il sait qu'elle étudie et essaye un type de traverse, mais il n'a pas entendu dire qu'il y ait eu des commandes faites pour des applications sur une grande échelle.

M. le Président, après avoir remercié MM. Contamin et Level, ajoute que la question des traverses métalliques reste ouverte; si quelques collègues veulent bien apporter des renseignements sur ce sujet, la Société y sera très attentive.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Rémaury sur les *mines et usines de l'embranchement de Longwy à Villerupt*. M. Rémaury a la parole.

M. Rémaury dit qu'il a tenu à payer son tribut à la Société et qu'il a choisi un sujet qui lui est pour ainsi dire imposé par sa carrière de mineur et de forgeron presque entièrement consacrée à la Lorraine. Il va entretenir la Société des richesses minérales ferrifères du département de Meurthe-et-Moselle, qui atteint à lui seul 35 pour 100 de la production de la fonte en France, et il se bornera à un chapitre de ce sujet, celui de la Côte-Rouge.

M. Rémaury place sous les yeux de la Société une carte des concessions de Longwy dressée par M. Salles, ingénieur civil des mines, ainsi qu'un tableau rendant compte de la marche ascendante de la production, et marquant l'influence de l'ouverture de l'embranchement de Longwy à Villerupt. Il y a maintenant douze hauts fourneaux construits, pouvant faire chacun environ 80 tonnes par jour de travail; ce qui répondrait à une production de 1000 tonnes de fonte par jour; c'était la force productive

totale du département il y a dix ans. Cette production n'est plus normale; il y a un trop-plein et une lutte très sérieuse se trouve engagée. Une première réaction se fait sentir. La production est tombée de 2 069 000 tonnes en 1883 à 1 855 000 tonnes en 1884 et la situation ne s'améliore pas. Afin de remédier au danger, les grandes forges cherchent à se syndiquer pour ralentir le travail d'après les besoins réels et pour ramener les prix à un chiffre rémunérateur dans les divers centres de production.

M. Rémaury montre à la Société d'autres cartes, dont une très remarquable d'exécution dressée sous la direction de M. le colonel Perrier, et qui a été présentée à l'Académie des sciences, et une autre, géologique, due à M. Braconnier. A l'aide de ces documents, il donne une description détaillée du département, tant au point de vue géographique qu'au point de vue des terrains qu'on y rencontre; il fait passer aussi divers échantillons des minerais qui abondent dans le département. M. Rémaury fait observer que la contrée est riche, non seulement en mines de fer, mais qu'on y trouve aussi des gisements de sel alimentant des industries remarquables qui se développent tous les jours. Le pays, bien arrosé, est très fertile ; aussi la population y est-elle dense, et d'ailleurs les chefs d'industrie apportent dans leurs entreprises l'ardeur et l'émulation qui caractérisent les habitants de la frontière.

La grande importance prise par la production métallurgique de ces contrées a son contre-coup dans les usines du centre, qui doivent compter de plus en plus avec cette croissance extraordinaire. Il y a même là un fait digne d'attirer l'attention des pouvoirs publics, car les intérêts de la défense nationale pourraient être atteints, si tous les hauts fourneaux placés au cœur de la France, devaient être arrêtés par la concurrence d'établissements plus exposés à l'ennemi.

La production fructueuse du pays vient des exploitations à ciel ouvert où le minerai s'obtient à 1 fr. 50 la tonne; dans les exploitations souterraines, il faut compter 2 fr. 50 et 3 francs[1]. Dans ces conditions et avec un coke pas trop cher, on arrive à produire de la fonte d'affinage à 45 francs; pour le moulage, il faut consommer 150 à 300 kilogrammes de coke de plus, ce qui augmente le prix en conséquence. La moyenne du prix des fontes d'affinage et de moulage était en 1884 de 77 francs, ce prix s'élevait à 114 francs il y dix ans.

M. Rémaury passe en revue les établissements créés dans la « Côte-Rouge » le district du pays que l'on peut appeler le point rouge ardent. Lorsqu'il débutait en 1857 dans la Moselle, on y voyait encore des hauts fourneaux au charbon de bois. A cette époque, on fabriquait des coussinets pour chemins de fer, en première fusion, à raison de 24 francs les 100 kilog.; tandis que, aujourd'hui, les rails d'acier peuvent se livrer, à 120 francs la tonne. On peut mesurer le chemin parcouru.

1. Ces prix très réduits supposent le minerai extrait et consommé sur place. Ils doivent être majorés des frais de transport, s'il y a lieu.

Parmi les usines importantes, M. Rémaury en cite une possédant deux gros fourneaux pouvant produire chacun 100 à 120 tonnes de fonte par jour; la moyenne rend 80 tonnes. Cela explique la grande activité qui règne sur l'embranchement de Longwy à Villerupt, qu'on a dû remanier en partie pour desservir le trafic sans cesse croissant.

Les ingénieurs cherchent sans cesse à étudier les ressources du pays; M. Giraud, ingénieur en chef du département, a su déterminer une sorte de fièvre de sondage, et il ne faut pas trop s'alarmer de la voir gagner tous les industriels, parce qu'il est préférable d'avoir des concessions accordées plutôt que des concessions en réserve : en pays de frontière et quoique les nouvelles concessions à accorder ne doivent pas être exploitées dans un avenir trop prochain, il est bon de réserver aux usines existantes un fonds sur lequel elles puissent compter sans exiger des constructions nouvelles.

Du côté allemand on n'a pas perdu de temps depuis l'annexion, il ne reste plus un mètre carré à concéder.

Des calculs très bien faits démontrent que l'exploitation à ciel ouvert ne donnera plus un kilogramme de minerai à la fin du siècle; il faudra, par conséquent, avoir recours aux seules couches souterraines, offrant encore assez de ressources. Toutefois, il conviendra de les aménager judicieusement. A Ars-sur-Moselle, où M. Rémaury exploitait, dans le temps, une couche de $1^m,80$ en moyenne, il a pu arriver à un rendement de 30 000 tonnes par hectare. Aujourd'hui on admet une proportion moindre; dans les exploitations où il y a plusieurs couches superposées, on choisit la meilleure et on sacrifie le reste. C'est une pratique à revoir si l'on veut ménager l'avenir, au sujet duquel on n'est pas sans compter tant en France que dans le Luxembourg, où l'exportation du minerai commence à être énorme.

Au temps où l'on marchait au charbon de bois, on utilisait les minerais d'alluvion, dits de fer fort, qu'on trouve, en amas à la surface, le long de la falaise nord du terrain jurassique. Ces amas ne sont presque plus exploités, mais pourraient bien reprendre un jour faveur. Leur rendement est de 40 pour 100; et ce sont des minerais purs de soufre et de phosphore.

M. Rémaury décrit les minerais employés et leurs gisements (on trouvera ces développements dans le mémoire qui sera publié *in extenso*). Il s'étend sur l'avenir de l'exploitation.

En résumé, le jour où l'on ne jettera plus aux remblais les minerais encore traitables, on pourra compter sur un avenir assuré de plus de cent ans, et si on continue à choisir, il faudra se réduire à moitié. Les usines du centre de la France ne devront donc pas attendre que ces richesses soient épuisées pour trouver le moyen de vivre.

Du reste, le mouvement d'expansion rapide ne s'est pas borné à Longwy; de grandes usines ont été créées presque simultanément à Saint-Nazaire; dans le Pas-de-Calais, à Aire, et au Boucau, près Bayonne; elles s'approvisionnent de minerai à Bilbao, où les Espagnols eux-mêmes viennent de construire d'importants établissements. M. Rémaury annonce qu'on a allumé le second haut fourneau de Bilbao, qui produira 92 tonnes

de fonte Bessemer avec un minerai rendant 53 pour 100; ce qui permet d'obtenir la fonte Bessemer à Bilbao, à 50 francs la tonne.

M. Périssé demande s'il s'agit bien de fonte Bessemer.

M. Rémaury le confirme. Il fait encore ressortir que les usines du bord de l'Océan sont tributaires de l'Angleterre pour le coke comme du minerai pour l'Espagne. C'est une raison qui fait désirer la paix avec nos voisins; c'en est une aussi pour souhaiter la conservation des anciennes usines de la Loire et du Centre, et on doit se réjouir de voir qu'il en est qui se portent bien, comme celles du Creusot et d'autres établissements voisins.

M. Rémaury se réserve de revenir sur l'extraction et l'emploi des minerais oolithiques et sur la production de la fonte, si M. le Président veut bien lui accorder encore la parole ultérieurement.

M. le Président remercie M. Rémaury de cette première communication. La Société entendra avec plaisir les détails complémentaires que la question comporte.

M. le Président rappelle que la Société a à voter sur l'admission de MM. Laussedat et Hervé Mangon comme membres honoraires.

Le scrutin est dépouillé, et M. le Président proclame MM. Laussedat et Hervé Mangon, membres honoraires.

MM. Blanc, Louis Laveissière, Roussel, Trotabas et Yvernès, ont été reçus membres sociétaires.

MM. Baillehache et Jean-Louis Moreau, ont été reçus membres associés.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR LES

TRAVERSES MÉTALLIQUES ET ATTACHES

PAR M. J. W. POST
Ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Etat néerlandais.

Dans ses observations au sujet des prix de transport, des tarifs et du rachat des chemins de fer[1], M. Krantz dit, en parlant de la réduction des dépenses d'exploitation :

« Pour la voie, l'introduction des rails en acier a constitué un progrès très réel. Plus homogènes, plus résistants que les anciens rails, ils durent beaucoup plus longtemps et coûtent à peu près le même prix. De ce côté on peut espérer une économie sérieuse. Mais d'autre part les traverses deviennent de plus en plus difficiles à obtenir. On est forcé de renoncer sur beaucoup de lignes aux bonnes traverses en chêne, et les autres, malgré toutes les préparations qu'on leur fait subir, ne durent pas autant et coûtent presque aussi cher. Maintenant que l'équilibre est absolument rompu entre la production de nos forêts et la consommation de bois d'œuvre, il n'y a pas à espérer que cette situation s'améliore. Elle ne peut que s'aggraver. »

Depuis l'apparition de cette brochure, il y a eu il est vrai une baisse considérable dans les prix du bois (comme des autres matériaux d'ailleurs) ; mais la consommation des traverses pour renouvellement et premier établissement allant plutôt en augmentant qu'en diminuant, la situation pourrait devenir très grave dans un avenir assez prochain — si le bois seul devait être employé comme matériel pour traverses.

Les essais faits en France avec les traverses métalliques n'ont pas donné dès le début les résultats qu'on en attendait, mais il est à re-

1. Pages 16-17 ; Paris, Delamotte fils et Cie.

gretter qu'on n'ait pas tâché d'obtenir des résultats plus satisfaisants en perfectionnant les systèmes et en éliminant les défauts à force d'observer minutieusement de petites lignes d'essai, méthode suivie par exemple opiniâtrément en Hollande, et, on peut le dire, avec un certain succès.

Peut-être ne s'est-on pas rendu suffisamment compte en France de l'importance de la question des voies métalliques, question qui réclame depuis longtemps une solution et qui, par les nombreux intérêts qu'elle met en jeu, mériterait de se présenter sans cesse devant l'opinion publique.

Il suffit de citer quelques chiffres pour prouver l'importance qu'a cette question pour les chemins de fer. Une observation soignée [1] a fait connaître que, 12 ans à partir de la pose, on a dû remplacer, malgré les platines dont on garnissait les traverses (sur 20 884 mètres de voie simple mise en observation entre Paris et Bondy), 20 pour 100 des traverses en bois, tandis qu'on n'a remplacé que 5 pour 100 des rails. D'autre part des poses d'essai faites à l'étranger et qui datent de plus de 12 ans, ont prouvé qu'en cas de traverses métalliques on aurait eu à remplacer en 12 ans bien moins que 20 pour 100 et qu'en outre :

1° La durée moyenne des traverses restant dans la voie après 12 ans de service est bien plus grande avec les traverses métalliques d'un bon système qu'avec les meilleures billes en bois ;

2° La sécurité est mieux garantie grâce au maintien de l'écartement ;

3° Les frais d'entretien diminuent à partir de la deuxième année de service, tandis qu'avec les traverses en bois ces frais augmentent avec l'âge des traverses ;

4° On est arrivé à trouver des systèmes d'attaches absolument sûrs et moins coûteux en entretien que les attaches sur traverses en bois ;

5° La valeur de la traverse métallique mise hors de service est supérieure à la valeur de la vieille traverse en bois.

C'est en tenant compte de ces avantages que celles d'entre les compagnies qui disposent d'une certaine expérience en cette matière et qui sont soucieuses de leur avenir financier, se sont dit : il y a lieu de mettre en œuvre chaque année une certaine quantité de traverses métalliques ; et c'est grâce à ce raisonnement que nous disposons aujourd'hui des coefficients nécessaires pour juger de la valeur des différents systèmes.

1. Voir l'intéressante notice de M. Connesson dans la *Revue générale des chemins de fer*, janvier 1884.

En substituant dans le calcul ces coefficients, différents pour chaque cas particulier, et représentant : prix d'achat, pose, frais d'entretien et de renouvellement, taux d'intérêt, prix de vente de vieux matériaux, etc., l'on arrive à la conviction qu'il n'y a que peu de pays où l'emploi exclusif de traverses en bois soit rationnel et économique dans le sens large du mot. Cela saute aux yeux par exemple pour les pays chauds où le climat et les insectes détériorent en peu d'années la traverse en bois. Mais ce qui donne bien plus à réfléchir, c'est ce qu'on constate dans un pays voisin : la Hollande n'a pas d'industrie métallurgique produisant des traverses, mais elle dispose (par ses ports de mer) de bois à bon marché et à discrétion ; cependant l'on a vu *toutes* les compagnies de chemin de fer de ce pays conservateur par excellence, adopter la traverse métallique, et cela sans pression quelconque de la part du Gouvernement (au contraire). Et le personnel de la voie, qui déteste en général toute innovation, qui a vu s'imposer en Hollande à contre-cœur les premières poses d'essai de traverses métalliques, ne désirerait pas mieux en ce moment que d'en mettre sur toute la voie.

Il est vrai que l'industrie métallurgique a fait d'énormes progrès dans la fabrication des traverses.

Au début, on mettait en œuvre des traverses en fer laminé à profil constant pesant 25 à 30 kilogrammes seulement par pièce, partant du principe que le prix ne doit pas surpasser celui de la traverse en bois. On ne se rendait pas assez compte de l'affaiblissement que subit la traverse aux endroits où viennent reposer les patins de rails et de la fatigue à laquelle cette partie est exposée parce que :

1° Les lumières pour les attaches réduisent sensiblement la section ;

2° En cas d'acier dur, le perçage de ces trous rend la matière plus ou moins cassante à ces endroits ;

3° Le patin du rail et les attaches s'incrustent à la longue dans la surface du tablier ;

4° Le moment dû à la résistance du ballast est maximum à l'endroit de la charge (en supposant un bourrage rationnel) ;

5° Les chocs au passage des roues sont transmis à ces endroits directement sur la traverse ;

6° Dans plusieurs systèmes de traverses, cette partie est fatiguée par la fabrication même (inflexions ou courbures à froid, estampage à chaud, etc.), pour obtenir l'inclinaison 1 à 20 du tablier.

Les inconvénients occasionnés par le manque de rigidité de la traverse à l'endroit des patins de rail, ne tardèrent pas à se montrer : flexion considérable s'accusant par une trépidation très visible, causant un débourrage et exigeant un bourrage continu et souvent des fissures et des cassures longitudinales ou transversales, surtout à l'endroit des lumières, nécessitant un renouvellement coûteux.

Bien des compagnies abandonnèrent la traverse métallique après ces résultats ; mais d'autres, plus convaincues de la valeur du principe, remédièrent à l'inconvénient en augmentant la section de la traverse. Quelques-unes allèrent même jusqu'à mettre en œuvre des traverses pesant 75 kilogrammes, qui donnèrent, il est vrai, un résultat excellent sous tous les rapports, mais que leur prix élevé rend presque inabordables.

Ceux qui essayèrent de renforcer localement la traverse en y attachant à l'endroit des patins de rail des selles (avec ou sans inclinaison 1 à 20) souvent au moyen de dispositions très ingénieuses, tantôt au moyen de rivets ou de boulons, tantôt par des crochets ou des coins, n'eurent pas le succès espéré, parce que :

1° Ces accessoires plus compliqués augmentent sensiblement le prix par traverse ;

2° La solidarité entre le rail et la traverse devient moins sûre que lorsque le patin repose directement sur le tablier.

Heureusement, les derniers perfectionnements apportés dans le laminage ont conduit à produire actuellement des traverses qui, au sortir des cylindres, sont munies : 1° *de l'inclinaison* 1 *à* 20 *des surfaces d'appui* et 2° *d'un renforcement du tablier à ces endroits.*

Cette innovation, en permettant de répartir d'une façon rationnelle la matière de la traverse, donne lieu à une économie notable de poids variant de 12 à 20 pour 100 selon le profil[1]; tandis que d'autre part la sécurité y gagne parce que l'on évite ainsi[2] la détérioration et l'amincissement de la matière aux surfaces d'appui, causés par les méthodes usitées jusqu'à présent pour obtenir l'inclinaison 1 : 20. De plus, on économise le travail nécessaire pour ces opérations.

Les figures I à XI (pl. 95) montrent l'application du nouveau procédé de laminage aux profils de traverses les plus courants. En consultant les

1. Voir les calculs dans le premier numéro 1885 de « l'*Organ f. d. F. d. E.* »

2. Des essais au mouton, à la traction et à la presse ont prouvé que la variation graduée de profil dans le nouveau procédé ne fatigue aucunement l'acier.

sections longitudinales A à E on voit que MM donne le profil minimum maintenu sur environ les deux tiers de la longueur, tandis que NN représente le profil maximum et SS le profil sous patin de rail, profil qui peut servir de base pour comparer la traverse à d'autres à profil constant (Comparez I et II, III et IV, V et VI).

La compagnie des chemins de fer de l'État néerlandais, après avoir mis en œuvre pendant plusieurs années consécutives des lignes d'essai en profils différents, s'est décidée pour le type fig. IX (pl. 95) qui se remplit facilement dans n'importe quel ballast : sable, gravier, cendres ou pierrailles ; il se lamine sans inconvénients et présente une large surface de contact pour le patin de rail. Poids par traverse environ 50 kilogrammes.

Le tableau suivant donne le poids pour quelques types de traverses pour chemins de fer économiques et tramways.

Profils	SECTION LONGITUDINALE	A	B	C	D	E
IX	Poids par traverse........... kil.	42,3	43,3	»	»	»
	Épaisseur tablier sous rail..... mill.	9	9	»	»	»
X	Poids par traverse........... kil.	39,8	40,5	36,9	30,4	26,5
	Épaisseur tablier sous rail..... mill.	9	9	9	9	9
XI	Poids par traverse........... kil.	»	32,2	29,4	24,2	21
	Épaisseur tablier sous rail..... mill.	»	8	8	8	8

Ce n'est pas seulement dans la façon de répartir rationnellement la matière dans la traverse que des progrès ont été faits, mais on a aussi apporté dans le parachèvement de ces petits perfectionnements qui sont souvent pour beaucoup dans le succès d'un système.

Ainsi autrefois l'acier souvent trop dur dont on se servait pour les traverses, devenait cassant parce qu'on poinçonnait dans le tablier des lumières à angles vifs. Actuellement on prescrit un acier tendre (Thomas ou Bessemer), avec au moins 30 pour 100 de striction et un minimum de résistance à la traction de 45 kilogrammes par millimètre carré, tandis que le collet du boulon d'attache est fabriqué tout exprès

avec un congé de 3 ou 4 millimètres de rayon (voir fig. 5, 6 et 8) pour permettre de donner le même congé aux angles des lumières dans le tablier. En outre pour obtenir une espèce de recuit, on a poinçonné les dernières traverses de l'État néerlandais *avant* de chauffer les bouts pour les fermer, et on a constaté que cette manière de procéder ne compromet aucunement l'exactitude de la position des trous.

Pour la même fourniture, on a trouvé un moyen très simple pour fermer le bout par un seul coup de presse (fig. 19), sans le découper et l'aplatir préalablement comme cela se pratiquait jusqu'à présent ; on a ainsi réalisé une économie de main-d'œuvre tout en augmentant la solidité.

La forme du bout indiqué (fig. A à E) tend à faire affluer le ballast vers le rail, tandis qu'avec les traverses infléchies d'autrefois l'inclinaison 1 à 20 continuant en dehors du rail, tendait à débourrer la traverse vers les extrémités.

Celui qui a le premier fermé les bouts des traverses métalliques a beaucoup contribué à la sécurité et à la réduction de l'entretien, car la traverse restant ouverte, il n'y a que la friction du métal sur le ballast qui s'oppose au déplacement latéral, tandis qu'avec une traverse fermée c'est le corps de ballast même, encastré dans la traverse, qui devrait glisser sur la couche de ballast sur lequel elle repose ; il y a donc ici un coefficient de friction bien plus important qu'avec la traverse ouverte. Or c'est évidemment la friction seule qui régit tout dans ce cas ; car le poids de la traverse et la poussée du ballast contre les bouts sont des forces de nulle importance en comparaison par exemple de la pression latérale que peut exercer parfois un essieu de 14 tonnes roulant avec une vitesse de 70 kilomètres. Même avec des traverses de 100 kilogrammes chacune et ayant des faces latérales énormes on ne saurait empêcher la déformation de la voie si la friction, proportionnelle à la charge, ne tendait à s'y opposer. Aussi les profils de traverses qui n'envisagent que la rigidité (moment d'inertie du profil), sans encastrer le ballast, ainsi que les profils en I et ⊢, ont donné des résultats peu favorables sous le rapport de la résistance au déplacement latéral et de la stabilité.

Il existe une centaine de systèmes d'attaches plus ou moins compliqués et souvent brevetés par-dessus le marché, systèmes dont plusieurs tendent à détériorer le tablier de la traverse (coins, etc.). Si la plupart des inventeurs ont cherché à éliminer les boulons ou à réduire leur

nombre, c'est surtout à cause du desserrage des écrous par les trépidations des véhicules. Heureusement on a trouvé le moyen pour combattre cet inconvénient; moyen en même temps bon marché et amplement suffisant, surtout si l'on commence par exiger un taraudage soigné du boulon et un écrou d'une certaine hauteur. La rondelle-ressort par exemple (fig. 7) ne coûte en Hollande que 2 à 2 1/2 centimes, celle (fig. 10), 1 1/2 à 2.

Les figures 2, 3, 5, 6 et 7 montrent les types de boulons, crapauds et rondelles en œuvre sur les lignes de la Compagnie des chemins de fer de l'État néerlandais, système non breveté, très simple, donnant pleine satisfaction et coûtant environ 1 franc par traverse.

Beaucoup de compagnies se servent de boulons à tête étroite pouvant passer par la lumière de la traverse. Si cela a l'avantage de faciliter un peu la pose en permettant d'introduire le boulon par-dessus, on reconnut quelque inconvénient au contact moins large avec la surface inférieure du tablier, donnant lieu à un déversement plus facile du boulon et à une incrustation plus forte du tablier.

Pour empêcher le glissement des rails, on rapproche les traverses de joint jusqu'à ce que les crapauds touchent les éclisses en cornière (fig. 12, 13 et 14), généralement adoptées pour les lignes de l'État néerlandais. Pour les fortes pentes et pour les courbes à faible rayon on se sert de longues éclisses dans les encoches desquelles les crapauds sont appliqués (fig. 2, 12 et 14). On emploie pour chaque joint 2 longues éclisses ou bien, par économie, une longue et une courte. Les surécartements dans les courbes[1] s'obtiennent en changeant la position du boulon (fig. 5 et 6), une marque appliquée sur la tige indique la position du boulon et rend le contrôle facile. Le croquis (fig. 1), montre les différentes dispositions avec les écartements et rayons de courbure correspondants (instruction pour la pose). Dans l'alignement et dans toutes les courbes il n'y a que trois écartements différents : $1^m,435$, $1^m,443$ et $1^m,451$ (fig. 1). Ces écartements s'obtiennent avec des boulons *a* (fig. 5) et toutes les traverses sont munies de 4 boulons *a*, 4 crapauds et 4 rondelles-ressorts chacune, ce qui simplifie la pose. Les boulons *b* (fig. 6) ne servent qu'à passer d'un de ces 3 écartements à un autre (au commencement et à la fin des courbes à rayon inférieur à 1000 mètres); ici la différence des écartements sur deux tra-

1. Pour les compagnies qui ne prescrivent qu'un seul écartement pour alignement et courbes V. la note de M. Jules Michel, *Rev. gén. des ch. de fer* 1884), il y a ici une simplification.

verses suivantes ne doit jamais dépasser 2 millimètres (fig. 1). Les boulons *b* sont tenus à disposition en caisses ; les boulons *a* qu'ils remplacent sont gardés en réserve.

Certaines compagnies, craignant le déversement du boulon, ont posé la condition que ce doit être le crapaud qui transmet la force latérale du patin de rail sur la traverse, tandis que le boulon ne travaille qu'à la traction. Cette condition (un peu exagérée) complique la forme du crapaud (fig. 16, 17 et 18) qui porte une bosse se logeant dans la lumière de la traverse. Aussi cette lumière doit-elle être pour cela même plus longue qu'avec les autres attaches (affaiblissement de la traverse) ; par compensation le boulon est plus simple n'ayant qu'un simple collet carré pour l'empêcher de tourner dans le trou. Les divers écartements s'obtiennent ici en se servant de crapauds à bosses de diverses épaisseurs.

En général on peut adopter avantageusement pour le boulon le même diamètre de tige et le même écrou que ceux du boulon d'éclisse; ce qui est très commode dans l'entretien parce que cela n'exige alors qu'une seule espèce de clefs à écrou.

Les figures 8, 9 et 10 montrent les attaches pour voie de 1 mètre, rail de 20 kilogrammes par mètre, prix des attaches environ 50 centimes par traverse. Type très suffisant pour voies secondaires ; seulement il est recommandable de donner des instructions spéciales pour que les piocheurs n'abîment pas ces minces boulons en les serrant pendant la pose ou l'entretien. Mieux encore vaut-il régler la longueur de leurs clefs en conséquence.

Les traverses sont réparties sous les rails comme l'indiquent les figures 4 et 11, c'est-à-dire à peu près comme les traverses en bois ; seulement un point important qui demande à être bien étudié avec les traverses métalliques, c'est l'éclissage au joint des rails. Il va sans dire qu'on choisira le joint en porte à faux et qu'une solide éclisse en cornière (fig. 2), ou une éclisse laminée à profil variable avec ou sans bourrelet horizontal (voir la section horizontale d'un pareil éclissage, fig. 15) est préférable aux éclisses plates, minces et courtes d'autrefois. En tout cas la distance des traverses d'about doit être choisie (si la position des boulons d'éclisse le permet) selon la force des éclisses et de façon que, pendant l'entretien, les traverses d'about ne nécessitent pas plus de bourrage que les traverses intermédiaires (plutôt moins que plus).

Pour bien bourrer une traverse métallique, il faut que le creux soit entièrement rempli de ballast, sans que toutefois le ballast soit compact au milieu de la traverse ; c'est aux endroits où reposent les patins des rails, sur une longueur de 30 à 40 centimètres de chaque côté du patin, que doit être appliqué le bourrage définitif.

En somme l'on voit qu'il y a bien des détails à observer lorsqu'on désire introduire la traverse métallique ou même pour faire une simple pose d'essai ; car il y a bien des façons de s'y prendre et il y a eu souvent des essais qui sembleraient faits pour faire échouer des systèmes condamnés d'avance.

Avant de s'engager dans les traverses métalliques, il vaut mieux se rendre dûment compte des difficultés. Il ne suffit pas de choisir le meilleur système existant de traverses et d'attaches, de faire scrupuleusement surveiller la fabrication. Il faut encore, avant et pendant la pose, vaincre l'hostilité du personnel de la voie contre ces « nouveautés, » par des instructions pratiques et compréhensibles et l'amener ainsi à soigner intelligemment, honnêtement et assidûment le bourrage surtout pendant les premiers mois après la pose. Car c'est encore là une particularité de la traverse métallique de ne pas avoir son entière stabilité avant quelques mois d'usage, c'est-à-dire avant que le prisme creux ne soit rempli de ballast ; et négliger le bourrage à cette époque c'est massacrer le système. Aussi devrait-on plutôt considérer ces premiers frais d'entretien comme faisant partie de la pose.

Ce n'est qu'à partir de l'époque de la consolidation que les avantages des traverses métalliques sous le rapport de l'économie et de la sécurité commencent à se dessiner favorablement en comparaison des traverses en bois ; bientôt le personnel de la voie, convaincu par les faits, ne demande pas mieux que de mettre des traverses métalliques partout. Alors aussi cette appréciation favorable et cette confiance en réagissant sur ceux qui sont appelés à décider sur l'achat de matériel les engage à choisir un type solide de traverse, coûtant au besoin 125 à 150 pour 100 du prix de la traverse en bois, mais véritablement économique dans le sens large du mot.

On ne devrait jamais placer des traverses métalliques sur certains terrains mouvants où la voie s'enfonce continuellement et où l'on doit par conséquent lever souvent la traverse à la hauteur primitive. Ces parties de voie, peu nombreuses heureusement, sont toujours fort coûteuses en entretien, mais elles le sont un peu moins avec les tra-

verses en bois parce qu'il n'y a pas de creux à remplir chaque fois à nouveau.

Ce qui a fait éclore la traverse métallique et ce qui a poussé à l'étranger sa fabrication au degré actuel de perfectionnement, c'est l'intérêt qu'avaient d'un côté les chemins de fer à substituer au bois une matière plus durable, mais aussi et surtout l'intérêt qu'avait l'industrie métallurgique à créer un débouché pour sa production toujours croissante d'acier et de fer.

Il est vrai qu'en ce moment, avec les systèmes actuels et avec les données statistiques dont on dispose, la traverse métallique peut se passer de l'intérêt industriel comme prétexte d'existence, parce qu'elle n'est plus ce qu'elle fut au début et parce qu'elle est devenue réellement capable de faire concurrence à la traverse en bois ; mais le mobile de l'intérêt industriel n'en existe pas moins et la question de chercher de l'occupation pour les nombreux ouvriers et trains de cylindres qui chôment, se présente sans cesse et d'une façon de plus en plus accentuée. Il n'y a pas que l'industrie qui réclame la solution de ce problème ; il y va de l'intérêt des corporations mêmes qui vivent en grande partie de l'industrie sidérurgique et métallurgique, donc surtout de l'intérêt des chemins de fer mêmes.

Si en France les compagnies privées de chemins de fer ont tout intérêt à appuyer tous les efforts faits dans ce sens (même si les excellents systèmes de traverses dont on dispose actuellement n'existaient pas et étaient encore à chercher), il est évident qu'il est absolument du devoir de l'État d'envisager la question, d'abord comme propriétaire d'un réseau important de chemins de fer et puis surtout pour faire naître une fabrication qui permettra à l'industrie française de participer à la concurrence sur le marché international, c'est-à-dire pour créer un article d'exportation.

On n'a qu'à consulter la statistique allemande pour constater comment, une fois engagée dans cette voie, la fabrication des traverses métalliques[1], ne comprenant que quelques milliers de tonnes la première année, peut arriver à produire un tonnage qui bientôt ne différera plus sensiblement de celui de la production des rails.

Utrecht, avril 1885.

1. Notons encore qu'il y a là en même temps de quoi occuper les ateliers d'accessoires ; car pour 1 kilo de tirefonds ou de crampons que consommait jusqu'à présent une traverse en bois, chaque traverse métallique fabriquée exigera 2 à 3 kilos d'accessoires.

EXCURSION

EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE

DEUXIÈME PARTIE[1]

Nous reprenons tardivement le récit de la visite faite par les membres de la Société, en septembre 1883, sous la conduite de leur Président, M. Ernest Marché, à Anvers et à l'Exposition d'Amsterdam.

Le mercredi, 19 septembre, on partait d'Anvers pour Amsterdam.

Le soir, à sept heures et demie, un splendide banquet réunissait, à l'hôtel Krasnapolski, les ingénieurs français et nos aimables confrères hollandais.

Nous donnons ci-après les principaux toasts portés en cette circonstance :

TOAST de M. VROLIK

Messieurs, n'ayez pas peur que je prenne la parole pour porter ce qu'on appelle un toast; notre Président me l'a défendu et, comme directeur de chemins de fer, j'ai trop le respect de la discipline pour ne pas m'incliner devant son désir.

Mais, Messieurs, je suis votre mandataire et il m'est impossible de ne pas dire deux mots de la mission qui m'a été confiée.

Ce matin, je suis allé à la frontière du Royaume, qui est en même temps la frontière de mon domaine, pour aller vous recevoir et

1. Voir pour la première partie, le Bulletin de décembre 1883.

prendre les ordres de mon Président et je lui ai demandé la permission — avant de vous rendre compte de ce que nous avons pu faire pour vous — de vous raconter une petite histoire.

Il y a deux ans, un jour, on vint m'annoncer la visite d'un ingénieur, il me fait passer sa carte et je vois qu'il s'appelle *Gottschalk*, ingénieur.

Il était un peu tard et je ne savais pas à qui j'avais affaire : je donne tout de même l'ordre de l'introduire et je me trouve en présence d'un homme charmant.

Tout à coup la lumière se fait dans mon esprit, je lui demande s'il n'est pas le Directeur de la traction du chemin de fer sud de l'Autriche; nous causons, et il finit par me dire qu'il avait un vif désir de me voir prendre place au nombre de vos collègues, ainsi que M. *Cluysenaer*, secrétaire de notre société.

Je l'en remerciai et je vous remercie aussi, Messieurs, et je suis heureux que cette année-ci, pour la première fois, depuis que j'ai l'honneur de faire partie de la Société des Ingénieurs civils de France, il nous ait été donné de pouvoir vous être utiles.

Depuis longtemps déjà nous vous attendions et nous nous étions mis en rapport avec nos collègues Hollandais pour faire coïncider votre voyage avec une des assemblées de l'Institut royal des Ingénieurs Hollandais.

Nous nous étions arrangés de manière à avoir une séance des deux Sociétés réunies, ici, à *Amsterdam* même.

Par différentes circonstances votre voyage a été reculé et il nous est devenu impossible de réaliser notre projet.

Je le regrette, Messieurs, mais vous devez vous dire : nous l'avons échappé belle! (*Oh! Oh! — Rires.*)

Mais, rassurez-vous, Messieurs, au moins une partie des communications et des discussions auraient eu lieu en français et pas en hollandais. Nous n'aurions pas tellement craint, que d'après une vieille plaisanterie, vous nous auriez pris, nous autres hollandais, pour les Chinois de l'Europe, mais pourtant nous aurions pris garde que notre hollandais ne vous semblât du chinois.

Comme preuve de nos intentions je vous prie d'examiner les deux annexes du programme de votre voyage et vous verrez que M. *Post*, auteur du programme, avait déjà, en ce moment-là, préparé deux communications en français. Vous verrez en même temps que ce programme

vous donne sur ce qui concerne les chemins de fer et les autres travaux que vous irez visiter quelques détails qui peuvent vous intéresser.

Mais voilà! Si vous n'avez pas pu venir quand nous, ainsi que l'Institut des Ing nieurs Hollandais, avions espéré vous voir arriver, votre Président nous a dit un beau jour : « Nous arrivons! nous voici! » Nous nous sommes empressés de répondre :

« Nous nous mettons complètement à votre disposition, veuillez nous dire en quoi nous pourrons vous être utiles ainsi qu'à ceux de vos collègues, qui vous accompagneront.

« Donnez-nous vos instructions.

« Mais M. *Marché* s'est dit : moi, j'ai affaire aux Hollandais; ce sont des gens qui ont, non seulement la théorie, mais même depuis déjà quelques siècles la pratique de la liberté, c'est tout simple; je n'ai rien de mieux à faire que de leur mettre les rênes sur le dos, et ils trotteront d'eux mêmes. » (*Rires et vifs applaudissements.*)

Aussi, on nous donna carte blanche.

C'était flatteur, très flatteur, mais passablement difficile. Nous autres ingénieurs, nous trouvons souvent que nous sommes embarrassés pour exécuter les travaux qui nous sont confiés, même quand nous avons les plans et les devis; mais, quand on ne nous donne ni dessin, ni plan et surtout ni devis, vous avouerez que nous nous trouvions dans un bien plus grand embarras. (*Rires. — Très bien! Très bien!*)

Quand je reçus la nouvelle de votre voyage dans les conditions et avec les renseignements un peu sommaires que je viens de vous exposer, je me suis dit : « Comment allons nous faire pour nous tirer de là ? »

Heureusement, je me suis rappelé que, dans les circonstances difficiles, il est bon d'avoir des amis; j'ai pensé que j'en avais, j'ai eu recours à leur dévouement, et ils se sont empressés de répondre à mon appel.

Ce n'était pas très facile de tâcher de loger dans une ville comble, bondée, où dans certains hôtels, on ne trouverait pas à placer une épingle, un nombre relativement considérable de voyageurs. On disait dans la lettre : « Nous arriverons soixante, peut-être plus. »

Voilà le problème posé; — mais la solution?

Alors, il a fallu prendre quelque mesures énergiques et j'espère que vous ne vous en trouverez pas trop mal. (*Très bien! Très bien!*)

J'eus recours au dévouement, à toute épreuve de ces messieurs des chemins de fer Hollandais, qui dînent avec nous, ce sont nos concurrents ; même que nous nous mangeons quelquefois un peu, mais comme vous voyez, cela ne nous empêche nullement de manger en d'autres occasions très fraternellement ensemble ! (*Rires. — Applaudissements.*)

« Qu'est ce que vous voulez ? » me demanda-t-on, « des trains spéciaux ? Dites ce que vous désirez ; nous vous arrangerons cela. »

Et voilà comment, Messieurs, jusqu'à votre départ de Rotterdam où vous rentrerez sur mon domaine, tous les trains spéciaux que vous aller utiliser ces jours-ci, sont mis gracieusement à la disposition des membres de la Société des Ingénieurs Civils, par nos excellents amis du chemin de fer Hollandais, ainsi que celui qui vous a conduits d'Utrecht jusqu'ici. Car, Messieurs, quoique nous ayons l'honneur de vous recevoir à Amsterdam, la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, dont je suis le Directeur général, n'est, à vrai dire, qu'à moitié chez elle ici. Nos trains n'arrivent à Amsterdam que grâce à un droit de libre parcours obtenu sur le chemin d'Utrecht par Hilversum, appartenant au chemin de fer Hollandais. Nous espérons bien y arriver tout aussi bien que nos deux concurrents, le chemin de fer Hollandais et le Rhénan Néerlandais ; nous avons amplifié sur la chanson française qui dit « qu'il est quelquefois bon *d'être deux* » — nous prétendons qu'il sera encore mieux *d'être trois !*

Aussi, dans la salle où nous vous avons reçus, vous trouverez les projets d'un chemin de fer que nous espérons construire et qui pénétrera jusqu'au centre de la ville, tandis que le chemin de fer Hollandais et le Rhénan Néerlandais ont comme gare commune la station centrale provisoire, où vous êtes arrivés et où vous irez demain visiter la grande gare définitive que l'État y construit et qui sera exploitée par le chemin de fer Hollandais, comme société fermière de la ligne d'Amsterdam au Helder, la seule ligne, construite par l'État, qui ne soit pas exploitée par ma Société.

Nous avions beaucoup espéré vous faire rencontrer avec M. *Michaelis*, directeur de la construction des chemins de fer de l'État dont vous avez pu voir quelques-uns des grands travaux aujourd'hui et dont vous avez vu la reproduction de bien d'autres dans la salle à côté. Malheureusement, il était empêché, mais nous sommes heureux de pouvoir vous dire que M. *Leyds*, qui est au milieu de nous,

Ingénieur en chef duquel ressortissent les travaux d'Amsterdam, a bien voulu me promettre de vous montrer demain la gare en construction.

Messieurs, je vous ai dévoilé notre ambition de pénétrer à notre tour jusqu'au beau milieu d'Amsterdam.

Eh bien! je vais vous le dire en confidence, c'est pour cela que j'ai mis dans ma manche l'ancien Directeur des Travaux Publics de la ville d'Amsterdam, M. *Halff*, actuellement Ingénieur en chef de la voie et travaux auprès de notre compagnie et qui espère bien défaire un peu de ce qu'il a fait autrefois, et légèrement bousculer sa bonne ville d'Amsterdam.

Malheureusement je trouve ici son successeur M. *Schuurman* actuellement directeur des travaux publics ici, qui me regarde en souriant d'un air narquois et qui se promet bien d'y mettre bon ordre ! (*Rires.*)

J'ai profité de ce que c'est l'homme le plus obligeant de la terre, pour lui demander de vouloir bien, demain matin, à 9 heures, une heure plus tôt que l'heure réglementaire à laquelle l'Exposition ouvre ses portes, vous faciliter la visite de l'Exposition.

MM. *Schuurmann* et *Halff* se mettront à vos ordres pour vous montrer et vous expliquer dans le bâtiment que la ville d'Amsterdam a fait ériger, les travaux que la ville a déjà exécutés (*Bravo! Applaudissements*) et ceux qu'elle est encore en train de construire. Je pense que cela vous intéressera, surtout après avoir vu ce matin comment on construit des quais à Anvers, vous pourrez comparer la méthode toute différente employée ici.

Chaque ville, chaque pays a sa spécialité, celle d'Amsterdam et un peu celle d'une grande partie du pays est de flotter sur l'eau.

Aujourd'hui, vous n'avez pas pu vous faire une idée exacte de notre pays : vous avez vu partout des ponts immenses passant en partie sur des rivières qui avaient l'air aussi honnêtes et tranquilles que possible, mais pour la plus grande partie sur des prairies.

Vous avez pu prendre cela pour une originalité du pays, de construire des ponts sur terre ferme, mais vous vous tromperiez légèrement. Si vous reveniez dans quelques mois vous verriez partout où vous avez vu aujourd'hui de vertes prairies, d'immenses lacs sans fin et vous finiriez par vous rappeler un mot fameux dans l'histoire contem-

poraine et par vous écrier : « que d'eau, que d'eau : cré coquin! que d'eau ! ! » (*Rires — Applaudissements.*)

Dans ce pays, nous avons de grandes difficultés à établir des chemins de fer, mais il n'y a rien de plus intéressant que de voir comment nous faisons la guerre à notre ennemi, nous allons à la conquête de la terre, et nous établissons la terre ferme là où l'eau avait établi son domaine.

L'expérience a été faite victorieusement en autres par le dessèchement du lac de *Harlem.*

M. *Van de Pool,* ici présent, président de l'administration du Polder qui fut autrefois le lac de Harlem, a bien voulu se mettre encore à notre disposition pour vous montrer après demain un des travaux les plus intéressants, qui aient été exécutés en Hollande et vous faire voir en détail le Cruquius, une des plus grandes machines d'épuisement.

Je n'ai pas porté de toast, Messieurs, à cause de la défense de notre Président, seulement vous ne pouvez pas m'empêcher d'espérer que la première fois que la Société des Ingénieurs Civils de France a passé la frontière ne sera pas la dernière et que, plus tard, vous voudrez bien revenir pour voir notre pays à une époque plus calme. Ce parfait calme Hollandais est encore une spécialité du pays et vous ne pouvez guère en juger aujourd'hui, car, en ce moment nous sommes au milieu d'une agitation produite par le grand nombre de visiteurs que l'Exposition coloniale amène à Amsterdam, et ce n'est pas la véritable Hollande que vous avez sous les yeux.

Il faut revenir voir nos grands travaux, si, comme je l'espère, vous n'aurez pas conservé un trop mauvais souvenir de votre voyage. (*Oh! Oh! non ! non!*)

Permettez-moi maintenant de rectifier un mot qui est inscrit dans votre programme. Ce n'est pas un *dîner* que nous vous offrons ce soir; ceci est inexact, nous avons simplement songé à vous préparer le nécessaire à votre arrivée; comme commencement du programme de cette excursion, nous avons songé d'abord à vous caser, puis à vous créer un centre de réunion pour ce soir.

Pour votre première épreuve et comme spécimen de ce que nous avons pu arranger pour vous, je me suis permis de placer en tête du programme le repas que nous partageons. Ce n'est pas un *dîner* que nous vous offrons, c'est un *échantillon !*

Messieurs, peut-on boire au succès de votre œuvre à la réunion des Ingénieurs Français, sans y associer en même temps votre doyen M. *Tresca* et votre *Président?* (*Bravo! Vifs applaudissements.*)

Messieurs, je me reprends NOTRE doyen et MON Président! (*Très bien! Très bien! Applaudissements prolongés*).

TOAST de M. TRESCA

MESSIEURS,

Permettez-moi, puisque vous me considérez, bien à tort, je l'espère, comme le doyen des Ingénieurs Français qui ont accepté votre aimable invitation, de vous adresser aussi mes remerciements pour le bon accueil que nous avons reçu de vous. Nous n'avions pas encore quitté la Belgique, que déjà nous étions l'objet de votre cordial patronage, et à peine avons-nous mis le pied dans votre capitale, que vous vous emparez de nous pour nous fêter encore.

Ce n'est pas tout; vous nous remettez tous les documents qui peuvent nous être utiles pour visiter plus fructueusement les travaux importants auxquels vous voulez bien nous initier. C'est beaucoup trop vraiment et nous aurions droit de nous plaindre de cet excès de prévenance, si nous n'étions pas assurés par avance que vous nous donnerez bientôt l'occasion de vous montrer à notre tour que, bien que nous ne possédions pas votre charmante devise : *Ars et Amicitia*, nous avons appris près de vous l'usage qu'il faut en faire à Paris.

A la prochaine réception des Ingénieurs Hollandais par la Société des Ingénieurs Civils de France.

TOAST de M. MARCHE

MESSIEURS,

Si j'étais le Président de M. Vrolik, je le féliciterais de son esprit tout français et de sa cordiale bonne grâce.

Mais, je ne suis que son confrère, et c'est ma reconnaissance qui peut seule lui répondre. (*Très bien, très bien!*)

Je me contenterai de dire, après notre Président honoraire :

A la prochaine réception des Ingénieurs Hollandais par la Société des Ingénieurs civils de France.

Le jeudi, 20, on visita l'Exposition sous la conduite de M. Middelberg, ingénieur, chef du service de la traction et du matériel du chemin de fer hollandais, et sous celle de M. l'ingénieur en chef de la ville d'Amsterdam et de M. Kalff. Puis, on circula en bateau dans les canaux d'Amsterdam, pour étudier l'aménagement des quais et les machines d'épuisement.

Le vendredi, 21, excursion à Harlem et aux Polders. Réception de M. l'administrateur Van de Pool, et conférence de M. l'ingénieur Elink Sterk sur le *Cruquius*, l'une des trois machines célèbres qui ont servi à épuiser l'ancien lac.

Parcours du canal maritime, reliant, depuis quelques années, Amsterdam à la mer du Nord. Nous étions guidés pendant ce trajet par M. du Cellié-Muller, ingénieur en chef du Waterstaat et par M. Bloom, ingénieur du canal.

Le Samedi, 22, départ d'Amsterdam. Train spécial sous la conduite de M. Van-Hasselt, directeur des chemins de fer hollandais, et de M. Boscha, directeur de l'École polytechnique de Delft. — Arrêts à la Haye et à Scheveningue. — Arrivée à Rotterdam.

Visite des installations de Feyenoord, sous la conduite de M. Hudig, directeur, et de M. de Jungh, ingénieur de la ville de Rotterdam.

Le soir un banquet d'adieu nous réunissait au Jardin zoologique.

Nous donnons ci-après les toasts prononcés à ce dernier banquet.

TOAST de M. MARCHE

« Messieurs,

« L'heure du départ va sonner et le temps nous presse. Nous voici arrivés au seul moment désagréable de notre excursion en Hollande, celui où nous sommes contraints de nous séparer des hôtes aimables

auxquels nous devons un accueil et une réception dont nous ne saurions être trop reconnaissants et dont nous garderons un ineffaçable souvenir.

« A vous tous, Messieurs les Ingénieurs Hollandais, à vous, mes chers collègues, messieurs Vrolik et Cluysenaer, qui savez si bien résoudre les problèmes insolubles, à vous Messieurs les Ingénieurs du Waterstaat, qui nous avez fait admirer vos magnifiques travaux à Amsterdam, à Harlem, à Rotterdam, à vous Messieurs les Ingénieurs et chefs de service des chemins de fer, qui avez été pendant ces trois belles journées, nos guides et nos compagnons de route, à vous tous, je dis : merci et au revoir.

« Au revoir, chez vous, parce que nous reviendrons; au revoir, chez nous, parce que nous comptons bientôt vous recevoir à notre tour. (*Approbation.*)

« Votre accueil si large et si cordial s'est adressé à notre Société. Si la Société des Ingénieurs civils de France a acquis parmi vous une certaine notoriété, ceux de ses membres qui sont ici savent bien que cette notoriété est due surtout aux travaux de nos devanciers, de nos anciens.

« Parmi ces anciens, je me fais un devoir de remercier en votre nom notre Président honoraire, M. Tresca, d'avoir bien voulu nous accompagner dans cette excursion, avec un entrain, une verdeur qui ne se sont pas démentis un instant, et j'ai à le remercier personnellement de m'avoir donné le concours de son expérience présidentielle, d'avoir, en un mot, couvert votre trop jeune Président du prestige d'un nom profondément honoré dans le monde entier des savants et des industriels. (*Très bien, applaudissements.*)

« Nous avons lieu de penser aussi, Messieurs, que votre chaleureux accueil s'adressait aussi quelque peu à notre qualité de Français : dès notre arrivée M. l'ingénieur des travaux publics buvait au nom de la ville d'Amsterdam à la ville de Paris; M. Kraft, à l'hôtel Funckler, affirmait les sympathies des Hollandais pour la France, et à Harlem, M. Van de Pool buvait hier à la France.

« Aussi, Messieurs, emportons-nous d'ici l'intime conviction que de même que les mêmes couleurs figurent sur nos drapeaux, il y a dans nos cœurs, dans celui du Français, qu'on dit léger, comme dans celui du Hollandais, qu'on dit flegmatique, bien des cordes qui vibrent à l'unisson. (*Approbation.*)

« Je bois donc, Messieurs, à la continuation du succès des grands travaux des Ingénieurs Hollandais. Je bois à la prospérité de la Hollande. » (*Bravos, applaudissements répétés.*)

TOAST de M. VROLIK

Messieurs, à peine nous avons appris à nous connaître un peu, qu'il faut déjà penser au départ, au moment où nous allons nous dire : au revoir !

M. le Président a bien voulu le regretter.

Soyez certains que les regrets ne sont pas moindres de la part de ceux que vous allez quitter.

Tout de même il y a une consolation au moment de chaque séparation.

Du moins c'est là la théorie, du sieur *Tijl Uijlenspiegel*. Vous ne connaissez pas ce personnage ?

Il est très connu dans les pays germaniques et flamands. C'est l'incarnation d'un certain genre d'esprit du cru, et dont hier plusieurs de vous ont admiré une autre manifestation.

Car hier, j'ai trouvé plusieurs de ces messienrs très intrigués devant un grand tableau qui se trouvait à Harlem; c'était l'œuvre de Van Breughel, je ne sais si c'est de celui qu'on a surnommé le Van Breughel *des velours* ou bien du Van Breughel *des enfers*. Mais ce qu'il a peint, dans ce tableau, c'est la représentation très curieuse de proverbes flamands. Dans ces proverbes il y en a qui ont du vrai ; dans cette forme un peu originale, c'est le même genre d'esprit que celui de notre ami *Tijl Uijlenspiegel*, ce sont de ces vérités que vous appelez : des vérités de M. de la Palisse, mais qu'il est quelquefois bon de se « rappeler. »

« Eh bien ! l'ami Uijlenspiegel pleurait quand il descendait une montagne et riait à la montée.

« Comme on lui en demandait la raison, il répliqua : A la descente je me désole à l'idée qu'il va y avoir une autre montagne à grimper, et quand je monte je me réjouis de me rapprocher à chaque pas de la fin de ma peine ! »

Et en fait de départ il employait la même philosophie : « De tout le séjour, c'est le départ qui est le plus proche du revoir ! »

Laissez-nous croire que l'époque de votre retour sera proche; vous avez entrepris avec courage cette excursion, j'espère que vous voudrez bien montrer le chemin à vos compatriotes et surtout à vos collègues.

J'ai été très fier d'entendre les éloges que M. notre Président a bien voulu faire de nos travaux.

Nous sommes fiers de ce que nous existons et nous en avons le droit : nous flottons toujours, mais nous n'avons pas submergé.

Parmi les armoiries de nos différentes provinces, et où, comme toute armoirie qui se respecte, nous abusons un peu des lions, — il s'en trouve une — celle de la province de la Zélande, qui est très originale. C'est un lion sortant à mi-corps des ondes.

C'est notre symbole.

Nous tâchons de garder la tête au-dessus de l'eau, et nous nous retrempons dans l'Océan pour retrouver les forces d'imiter ceux qui nous ont devancés.

Veuillez nous encourager dans cette voie; venez souvent constater si nous faisons des progrès; venez nous reprendre si nous faisons fausse route : croyez bien que nous serons toujours très heureux de vous donner la preuve de ceci : que, si la France a donné des preuves étonnantes de vitalité, de force de résistance et de ce que le travail peut faire, ce ne sont pas là des qualités que nous vous abandonnons complètement à l'usage exclusif de la France! Nous voudrions en conserver aussi une faible partie.

Je connais et j'aime beaucoup la France qui travaille, et je sais que si ceux qui les jugent superficiellement prétendent que les Français sont légers, ils ne les connaissent pas. Oui le Français est léger, mais il l'est à la manière du lion Zélandais, il surnage; vous non plus, vous n'avez pas submergé, et vous ne submergerez pas! Mais en tout cas, le Français n'est pas léger en fait d'amitié.

J'ai fait l'expérience que vous aviez la mémoire du cœur en France, comme on ne le rencontre pas souvent ailleurs!

Je bois, Messieurs, à votre retour, à notre amitié, et à cette alliance des Ingénieurs que nous venons de cimenter, et qui n'est pas une banalité. Nous sommes tous les partisans d'une même idée; notre maison royale en Hollande a une devise qui dit : *Nous maintiendrons;* elle est fort belle, mais je crois que celle que nous avons le droit de proclamer, la devise des Ingénieurs, est plus belle encore.

Car s'il est grand de : *maintenir* — il est plus grand de *créer!*

A l'union des Ingénieurs de tous les pays, et, spécialement à l'union des Ingénieurs de la France et de la Hollande ! (*Bravo ! Bravo ! vifs applaudissements.*)

TOAST de M. TRESCA

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Cette alliance, à laquelle vous venez de nous convier en terminant, se trouve surabondamment consacrée par les sentiments qui nous animent tous au moment de vous quitter.

J'avais fait, je le sens maintenant, une faute lourde en rappelant d'une façon incorrecte votre devise : il fallait dire, et je me reprends : *Artibus et Amicitiæ.*

Sans doute nous n'ignorions pas, en venant vous rendre visite, que nous rencontrerions à chaque pas, dans ce pays privilégié, les immortels chefs-d'œuvre de vos peintres ; nous connaissions aussi par tradition cette bonne hospitalité hollandaise, dont votre laborieuse population ne s'est jamais départie, et dont vous venez, personnellement, de nous donner de nouvelles preuves.

Mais peut-être n'avions-nous compté que sur les merveilles de l'école hollandaise, sans nous attendre aux révélations qui nous attendaient, au point de vue de notre profession même, dans un art tout nouveau pour nous.

L'eau et le sable étaient vos ennemis, les ennemis même de votre sol ; vous les avez domptés l'un par l'autre. Le sable, dont vous aviez tout à craindre, est devenu la principale base de vos plus beaux travaux. Après l'avoir employé à éloigner le flot trop envahissant, c'est sur lui que vous fondez en toute sécurité vos plus grands ouvrages, qu'il vous permet encore d'exécuter dans les conditions d'économie les plus recommandables. Grâce à ces conditions, l'importance des ports des Pays-Bas sera considérablement augmentée. Le judicieux emploi du sable est bien un art qui vous appartient et que vous nous avez appris à apprécier, même à côté de celui de vos splendides musées.

C'était donc bien *Artibus* qu'il fallait dire, et quant à l'*Amicitia !* voilà que j'ai retrouvé au milieu de vous de bien bons amis ; nous n'avons pas ici d'oreilles indiscrètes, et je puis bien vous le dire, de ces amis qui, dans certaines circonstances internationales que nous

avons traversées, ont été pour ainsi dire les seuls qui nous aient maintenu leur appui dans des questions scientifiques de premier ordre.

Je ne puis suivre notre Président, et vous le comprenez, dans ce qu'il a dit à mon égard ; je m'en sépare donc, et je dois encore, avant de vous quitter, me séparer encore de la Société des Ingénieurs civils sur un autre point.

Un article de notre règlement, emprunté à celui des Ingénieurs anglais qui l'a précédé, décide que la Société n'est pas responsable de l'opinion de ses membres. Je ne voudrais pas qu'il en soit ainsi, lorsque je bois avec vous aux arts, à l'amitié et à l'union de la grande famille des Ingénieurs de la Hollande. Afin d'éviter toute équivoque, qui serait si opposée à nos sentiments, j'adjure donc tous mes collègues d'affirmer que nous sommes du même avis, et de s'écrier avec moi, en prenant congé de vous : *Artibus et Amicitiæ.*

Arrivée à Bruxelles, le samedi 22.

Le dimanche, 23, visite des travaux du Palais de Justice, sous la conduite de M. l'inspecteur des ponts et chaussées, chargé par l'État de la direction de ces travaux et de la mise en pratique des plans de l'architecte éminent qui a conçu cette grande œuvre et qui est mort il y a quelques années. — Conférence de M. Herscher sur l'installation des appareils de ventilation et de chauffage de ce vaste édifice, installation qui a dû être faite après coup, le projet primitif n'ayant rien prévu à cet égard.

Le lundi, 24, départ de Bruxelles, sous la direction de notre collègue, M. Belpaire, et visite des ateliers de l'État à Malines. Notre attention est surtout appelée sur l'organisation de l'économat et le laboratoire dirigé par M. Roussel.

Nous partions ensuite pour Liège, où nous étions reçus par M. Clermont, ingénieur en chef du chemin de fer de Liège à Maestricht et Président de l'Association des anciens élèves de l'École de Gand. Nous étions conduits par MM. de Breil et de Groote au magnifique barrage de la Gileppe.

Le mardi, 25, nous terminions en parcourant rapidement, grâce à

M. Sadoine, les vastes établissements de la société J. Cockerill, à Seraing.

Ce rapide voyage a laissé, à tous ceux qui ont pu y participer, les plus intéressants souvenirs et la plus vive reconnaissance pour tous les hôtes si aimables, si empressés, si pleins de cordialité et de sentiments amicaux pour la France, que nous avons eu le bonheur de rencontrer sur notre route. Nous avons contracté là une dette difficile à acquitter : nous essayerons tout au moins de le faire.

Nous publions ci-après, sous le titre d'*Annexes*, plusieurs notes instructives que nous devons à l'obligeance des ingénieurs qui ont bien voulu nous accompagner et, en particulier, à notre éminent confrère, M. Belpaire, correspondant de la Société en Belgique.

ANNEXES

I. ORGANISATION DU SERVICE DU WATERSTAAT

Le corps des ingénieurs de l'État dans les Pays-Bas, correspondant à celui des ponts et chaussées en France, est celui du Waterstaat (service des eaux). Ce nom lui a été donné parce que les travaux hydrauliques sont ceux qui intéressent au plus haut degré la prospérité et l'existence même de la Hollande.

Les principales fonctions des ingénieurs du Waterstaat consistent à défendre le pays contre la mer, à établir des ports et des canaux, à améliorer la navigation des fleuves et des rivières, à entretenir les digues, écluses et travaux accessoires, à diriger de nouveaux desséchements et à assurer le maintien de ceux qui existent, enfin à construire et à entretenir les ponts, les routes et les principaux chemins.

Le cadre actuel du corps du Waterstaat est composé de la manière suivante :

Inspecteurs	3
Ingénieurs en chef (Hoofd ingénieur)	12
Ingénieurs de première classe	18
Ingénieurs de deuxième classe	15
Ingénieurs de troisième classe	8
Aspirants ingénieurs	6
Nombre total	62

Mais en réalité il n'existe que 2 inspecteurs, et même, pour 1874, on a proposé de conserver seulement 1 inspecteur et 13 ingénieurs de première classe, tout en gardant les nombres actuels pour les autres grades ou classes, de sorte que l'effectif du corps serait réduit à 55.

Pour entrer dans le Waterstaat, il faut d'abord passer par l'École polytechnique de Delft, où les études durent quatre ou cinq années : les élèves qui ont satisfait aux examens de sortie ont droit au titre d'ingénieur civil (civil-ingénieur). C'est parmi les ingénieurs civils sortis de l'École de Delft que l'on recrute exclusivement les ingénieurs du Waterstaat, à la suite des concours qui sont prescrits par le gouvernement, toutes les fois que des emplois sont devenus vacants dans ce service.

Les travaux des chemins de fer de l'État sont considérés comme temporaires et confiés soit à des ingénieurs du Waterstaat en service détaché, soit à des officiers détachés du génie, soit enfin à des ingénieurs civils nationaux; ces ingénieurs sont pris seulement pour le temps des travaux, et leurs fonctions ne leur donnent aucun droit à entrer dans le Waterstaat. Ceux-là seuls qui ont été détachés momentanément de ce corps, pour être employés à la construction des chemins de fer, peuvent y rentrer. Les chefs de service pour les chemins de fer de l'État, portent le titre d'ingénieurs principaux (Eerstanwezend-ingenieur).

L'effectif de ce personnel, variable suivant les besoins des travaux, comprend actuellement 1 ingénieur conseil au Ministère, 6 ingénieurs principaux, 14 ingénieurs de section et 7 ingénieurs adjoints, en tota-

lité, 28 ingénieurs. Le nombre des conducteurs (Opzigter) s'élève à 70, plus 50 auxiliaires.

Les travaux publics en Hollande dépendent du Ministère de l'Intérieur (Minnisterie van Binnenlandsche Zaken).

II. CHEMIN DE FER DE NIMÈGUE A VENLOO

APPAREILS DE SÉCURITÉ

(*Voir la Planche* 96.)

La manipulation des aiguillages et des verrous à double action des n°ˢ 1 et 2 et du signal *a* se fait dans le bureau du chef de la gare (fig. 1).

Le mouvement des leviers est transmis aux aiguilles et aux verrous par des fils en acier dur de 5ᵐᵐ, au signal par un fil de 4ᵐᵐ.

Les fils en acier, étant doubles entre le levier et l'appareil de manœuvre, on peut se dispenser de réglages pour les variations de température, pourvu que la tension soit d'environ 150 kilos. Une manipulation complète des leviers produit un mouvement des fils de 500 millimètres.

L'appareil (fig. 2^a, 2^b, 2^c), ayant deux bâtis en fonte, réunis par les tiges *x*, *y*, *z*, porte cinq leviers, fixés aux poulies à chaîne, montées sur l'axe P.

Dans la figure, I représente le levier du signal, II et III les leviers des aiguillages, IV et V ceux des verrous. Les leviers sont enclenchés par des clavettes, fixées aux axes *a* le mouvement d'un levier A_1 (fig. 2^c) est empêché par la clavette *b*, logée dans l'encoche *c*, la clavette b_1, fixée sur le même axe que *b* se butant contre les côtés de la poulie B. Le levier B_1, occupant la position pointillée, permet la manipulation du levier A_1, la clavette b_1, venant s'insérer dans l'encoche c_1. La clavette *b*

dégage la poulie A. En plaçant plusieurs clavettes sur un même axe, il devient possible d'enclencher plusieurs leviers entre eux. L'enclenchement pour la gare-type est tel qu'on ne saurait manœuvrer les aiguillages si les verrous ne sont pas mis à mi-voie et qu'il est impossible de mettre le signal à *voie libre* si les aiguillages ne sont pas verrouillés.

Le mouvement d'un levier est exactement indiqué par un verrou mobile à ressort D dont une saillie *f* vient se loger dans les encoches de la poulie aux positions extrêmes du levier.

A l'endroit des poulies les fils sont remplacés par des chaînes (fer de 6^{mm}). Une agrafe (fig. 4), relie la chaîne au fil d'acier par intermédiaire d'une porte d'agrafe (fig. 3), soudée contre le fil.

Les chaînes après avoir passé autour des poulies O et O' traversent des tuyaux de gaz (1 1/2 angl.), disposés sous les quais; quelques-unes se dirigent vers les poulies F (fig. 1 et fig. 5), logées dans le quai même ; d'autres vers les poulies E (fig. 1 et 6) attachées sur des bâtis en fonte.

Les fils sont conduits sur des roulettes, tantôt disposées le long du quai (fig. 7), tantôt attachées à des poteaux en chêne (10 $\times$ 10 $\times$ 150 cm. tous les 20 m.) et ayant pour l'alignement la forme indiquée (fig. 8), pour la courbe celle indiquée (fig. 9).

L'aiguillage est manœuvré au moyen d'un bouton *a* (fig. 10^{a}, 10^{b}) fixé excentriquement sur une poulie B, le cadenassage se fait par un côté élevé *b* sur la même poulie. Le mouvement du levier de manœuvre correspond à une rotation de 270 degrés de la poulie. Les premiers 45 degrés de rotation ne font que retirer le côté élevé *b* hors de la barre *c*; la suivante rotation de 180 degrés déplace la barre et par suite l'aiguillage, la rainure de la barre devant suivre le bouton *a*; les derniers 45 degrés de rotation servent à loger le côté *b* dans une encoche *p* de la barre. Un véhicule se dirigeant du talon des aiguilles vers la pointe, détruira les chevilles *e* dans le cas d'une fausse position de l'aiguillage, ce qui protège le mécanisme.

Pour avoir un contrôle en cas de rupture des fils, les aiguillages sont munis de verrous à double action, consistant en une poulie F en dessous de laquelle se trouve un côté élevé *f*. En cas de rotation dans

une direction, ce côté s'insère dans l'encoche *h*, en cas de rotation dans le sens opposé dans l'encoche h_1.

L'aile du signal (*sémaphore*), (fig. 11ᵃ, 11ᵇ), est équilibrée (contrepoids P) et manœuvrée à fil double ; en cas de rupture du fil Q, le levier S pivote autour de l'axe R, le contrepoids tombe du crochet U, tandis que l'aile tombe à *danger*. La lanterne placée dans le châssis V, est hissée le long du mât au moyen d'une chaîne, le châssis porte des lunettes à verre colorié G, pivotant avec l'axe Z. La tige courbée W est fixée au même axe ; lorsque la lanterne a atteint sa position, le mouvement de l'aile fait buter le pignon M de l'aile contre la tige W et relève l'autre verre colorié devant la lanterne.

Le signal *b* (fig. 1), est manœuvré avec deux leviers par l'aiguilleur B. Un levier sert à manipuler le signal si l'aiguillage 8 est mis pour la première voie, l'autre s'il est mis pour la seconde voie. Les deux leviers sont calés électriquement par deux appareils dits Block se trouvant l'un dans la loge de l'aiguilleur, l'autre dans le bureau du chef de la gare. Tant que l'aiguillage n'a pas la position correspondant au levier dégagé, l'appareil (fig. 12ᵃ, 12ᵇ), empêche l'aiguilleur de mettre le signal à *voie libre*.

La tige *a* (fig. 12ᵃ, 12ᵇ) est reliée à l'aiguillage de façon que le levier *b* pivote en manœuvrant l'aiguillage. Le levier *b* est muni d'un pignon *c* s'insérant dans l'une ou l'autre des encoches des côtés élevés en dessous des poulies *d* et d_1. Les poulies *d* et d_1 sont manœuvrées par les leviers calés électriquement. La rotation de *d* verrouille l'aiguillage dans une position, la rotation de d_1, dans l'autre ; dans les deux cas la rotation de poulie *e* aura lieu dans le même sens et le fil du signal suit ce mouvement.

Tant que le signal indique *voie libre*, l'aiguillage reste enclenché.

III. CHEMIN DE FER D'UTRECHT A BOXTEL
PONT SUR LE LEK

Le chemin de fer d'Utrecht à Boxtel, dont la longueur est d'environ 60 kilomètres, et qui forme une section de la ligne de communication directe entre Amsterdam et Liège, traverse successivement trois grands cours d'eau, le Lek à Kuilenburg, le Whaal à Bommel et la Meuse supérieure près de Crèvecœur. Chacun de ces passages a nécessité la construction d'un très grand pont métallique : ceux de Bommel et de Crèvecœur sont les plus longs, mais celui de Kuilenburg, quoique d'une étendue moins grande, présente beaucoup plus d'intérêt, parce qu'il comprend une travée de 150 mètres de portée, dimension qui, jusqu'à présent, n'a pas été atteinte sur un autre point, dans aucun pays, pour un pont fixe[1].

Le pont sur le Lek est donc celui dont nous allons donner la description, et nous nous bornerons, pour les deux autres, à citer les chiffres correspondants.

Dimensions principales : Le pont sur le Lek traverse cette rivière immédiatement en aval du village de Kuilenburg. Dans cette partie, la rive gauche du cours d'eau présente une courbe concave très prononcée contre laquelle passe le thalweg. Le lit des crues moyennes est compris entre cette rive et une première digue, qui en est éloignée de 240 mètres environ et que surmontent les grandes crues ; celle-ci sont limitées sur la rive droite par une digue insubmersible, établie à environ 650 mètres de la première. Comme dans cette seconde partie, les eaux ne prennent pas une grande vitesse, on a pu sans inconvénient en réduire le débouché à 399 mètres, formé par 7 travées de 57 mètres chacune; celui du lit normal est obtenu au moyen de 2 travées seulement, une de 80 mètres et une de 150 mètres. Cette dernière dimen-

1. Les travées précédemment construites, dont la portée se rapproche le plus de la grande ouverture du pont de Kuilenburg et dont les dispositions diffèrent d'ailleurs essentiellement, sont les deux travées centrales de 140 mètres du pont tube établi par Stephenson sur le détroit de Menai, en Angleterre.

Le pont en construction sur le Missouri, à Saint-Louis (États-Unis) doit comprendre une travée de 158 mètres et deux de 150 mètres : leur superstructure sera en arcs d'acier.

sion a été adoptée afin de conserver entièrement libre le cours des eaux moyennes et de donner toutes facilités à la navigation. En somme, les longueurs des diverses parties du pont se trouvent fixées de la manière suivante :

7 travées de 57 mètres d'ouverture	399^m
1 — de 80 —	80^m
1 — de 150 —	150^m
Débouché total.	629^m
6 piles de 4 mètres d'épaisseur	24^m
1 — de 5 —	5^m
1 — de 7 —	7^m
Longueur totale entre les culées. . . .	665^m
Portée de la superstructure sur la culée rive droite	1^m,75
— — sur la culée rive gauche. . . .	3^m,50
Longueur totale de la superstructure. .	670^m,25
Excédent de la culée rive droite.	9^m,91
— rive gauche.	25^m,86
Longueur totale du pont.	705^m,82

DÉSIGNATION DES QUANTITÉS	PONT SUR LE LEK à Kuilenburg			PONT SUR LE WHAAL à Dommel		PONT SUR LA MEUSE près Crèvecœur	
Ouverture des travées (en mètres)	150	80	57	120	57	100	57
Nombre de travées semblables..	1		7	3	8	1	10
Longueur des travées (en mètres)	157	85,50	60,50	126,27	60,50	106	60,50
Nombre de voies prévues dans la construction des piles et culées..................	2	2	2	2	2	2	2
Nombre de voies prévues pour la superstructure...........	2	2	2	1	1	1	1
Poids d'une travée, compris tablier et rails, mais non les supports (en kilogrammes)...	2.258.978	709.414	330.283	828.864	180.888	535.825	185.884
Poids d'une travée, compris tablier et rails, mais non les supports (par mètre linéaire)....	14.388	8.297	5.460	6.566	2.990	5.057	3.072
Poids d'une travée déduction [1] faite du tablier et des rails...	2.156.960	653.684	290.831	777.910	156.407	494.501	162.078
Poids d'une travée déduction faite du tablier et des rails (par mètre linéaire)........	13.739	7.645	4.807	6.161	2.585	4.665	2.679
Dépense de la superstructure d'une travée (en francs).....	1.651.725	532.513	244.819	498.317	99.050	283.780	89.226
Prix par mètre linéaire pour chaque travée (en francs)....	10.521	6.228	4 047	3.946	1.637	2.667	1.475
Surcharge d'épreuve (en kilogr.)	6.000	7 000	7.700	2.882	3.360	3.115	3.695
Flexion maxima (en millimètres)	34	38	23	32	20	29	22
Longueur totale du pont (en mètres).................	705,82			919,50		732,48	
Poids de métal employé (en kilogrammes)............	5.107.382			3.916.653		2.324.114	
Dépense pour la superstructure par pont (en francs)........	3.897.971			2.287.352		1 176.039	
Dépense pour piles et culées par pont..................	1.608.135			3.702.881		1.215.391	
Dépense totale par pont......	5.506.106			5.990.233		2.391.430	
Prix par mètre linéaire......	7.801			6.515		3.265	
Date du commencement des travaux................	16 janvier 1863			22 janvier 1865		13 octobre 1867	
Date de la réception après épreuve................	11 juin 1868			15 octobre 1869		30 août 1870	

1. La déduction est faite pour le pont de Kuilenburg d'après les bases du tableau B, non donné ici, et pour les deux autres ponts d'après des bases analogues. Elles correspondent en moyenne à 650 kilogrammes le mètre linéaire pour tablier, garde-corps et rails, lorsque la travée est construite pour deux voies avec une seule voie de fer posée, et à 400 kilogrammes lorsque la travée est établie pour une voie seulement.

IV. VISITE DES TRAVAUX DU NOUVEAU PALAIS DE JUSTICE A BRUXELLES

La matinée du dimanche a été employée à la visite des travaux du nouveau palais de justice de Bruxelles.

Cet imposant monument qui domine la ville, est dû, comme conception, à M. Polaert, architecte distingué, mort depuis quelques années déjà, et, comme mise en œuvre, à M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Wellens, lequel a bien voulu nous faire visiter l'édifice. MM. Engels et Carez, l'un architecte, l'autre ingénieur, attachés au service des travaux, nous accompagnaient aussi.

Grâce à la compétence et à l'obligeance de M. Wellens, nous avons eu des explications intéressantes sur l'ensemble des travaux et sur les difficultés sans précédent qu'il a fallu vaincre ; on trouvera ces renseignements dans la notice et l'atlas, gracieusement offerts à la Société des Ingénieurs civils par M. Wellens. En disant ici seulement que le palais couvre 20 000 mètres superficiels de constructions, non compris 6 000 mètres de cours ; que la différence d'altitude des voies d'accès a obligé à des écarts atteignant 20 mètres entre les niveaux respectifs des portes d'entrée ; que le portique central qui sert d'entrée principale mesure 17 mètres 50 d'ouverture entre les murs d'appui et 39 mètres d'élévation générale ; en ajoutant que le dôme atteint près de 100 mètres de hauteur, cela suffira déjà pour laisser entrevoir les multiples problèmes qu'il a fallu aborder et résoudre.

Le chauffage et la ventilation d'un pareil édifice ont aussi donné lieu à des travaux importants et difficiles dont nos collègues, MM. Geneste et Herscher, se sont tirés à leur honneur. L'un d'eux, sur l'invitation que lui en a faite M. Wellens, nous a expliqué sur place l'économie générale du système adopté, lequel en est déjà à sa troisième année de fonctionnement.

C'est le chauffage à vapeur qui a été employé ; les surfaces de chauffe sont presque partout établies dans les locaux mêmes, et la vapeur dessert directement ces appareils à une pression qui ne dépasse guère un dixième d'atmosphère et descend même au-dessous.

Chaque salle desservie l'est indépendamment des autres, et dispose ainsi d'un chauffage mis en fonction ou suspendu à volonté; plus de cinq cents appareils distincts sont ainsi alimentés.

La production de la vapeur est due à six chaudières multitubulaires de Naeyer réunies dans une chaufferie centrale qui n'est pas une des moindres curiosités du palais; l'importance de ces générateurs est d'environ 600 mètres carrés de surface de chauffe.

De la chaufferie partent huit lignes distributrices principales de la vapeur qui se ramifient dans tous les sens comme le ferait une canalisation de gaz ou d'eau.

La vapeur est partout conduite rapidement en contre-haut avant son emploi, de manière à cheminer ensuite toujours en descendant, ainsi que l'eau de condensation.

Des robinets spéciaux réduisent au minimum la pression dans chaque embranchement secondaire, et des purgeurs automatiques d'eau condensée sont interposés entre chaque appareil de chauffage et les conduites de retour.

L'eau condensée est recueillie aux points bas de l'édifice et ramenée auprès des chaudières, où elle est réintroduite par les moyens ordinaires.

Plus de 15 000 mètres de tuyaux de vapeur et d'eau condensée sont ainsi répartis dans l'ensemble du palais.

Quant à la ventilation, et principalement pour les salles d'audience, c'est l'insufflation mécanique qui assure artificiellement le renouvellement de l'air. Onze ventilateurs hélicoïdaux d'un type spécial alimententent des conduits de grandes sections sur lesquels sont piqués des embranchements de dimensions appropriées aux besoins des divers locaux à desservir, et chaque embranchement est pourvu d'un registre de réglage facultatif.

Deux belles machines genre Corliss sont affectées au service de la ventilation et servent en même temps à divers autres usages, tels que le fonctionnement d'un ascenseur hydraulique commandé par un accumulateur.

Ce dernier appareil a été étudié spécialement par notre collègue, M. Carez, qui a fait également installer au palais de justice le système de paratonnerre dû à M. le professeur Melsens. Comme on le sait, ce système consiste en pointes, conducteurs et raccordements terrestres multiples.

Dans l'intéressante application qui en a été faite au palais, plus de 800 pointes sont réparties entre des aigrettes nombreuses et peu élevées, et environ 5 000 mètres de conducteurs en fil de fer galvanisé courent le long des faîtages et des couronnements; les conduites d'eau, de gaz, de ventilation, la toiture en zinc et les masses métalliques sont reliés au réseau général.

On voit, en résumé, d'après les indications sommaires qui précèdent, que, grâce à la direction habile et éclairée de M. Wellens, le palais de justice de Bruxelles a largement profité des ressources les plus récentes de l'art du constructeur.

V. NOTE SUR LES CHEMINS DE FER BELGES PAR M. BELPAIRE

Les chemins de fer établis en Belgique sont, en grande partie, exploités par l'État.

Le gouvernement, lié par la loi de comptabilité, fait mettre en adjudication publique la fourniture de la plupart des objets nécessaires à l'exploitation des voies ferrées.

Les industriels des pays étrangers peuvent participer à ces adjudications, à la condition de faire élection de domicile en Belgique.

Les adjudications sont régies par un cahier des charges général, auquel se réfèrent des cahiers spéciaux donnant la nature, le nombre, les conditions particulières, etc., des objets ou matières à fournir.

Préalablement à la publication des cahiers des charges, des modèles, plans ou échantillons sont déposés dans un endroit accessible au public afin de guider les amateurs sur la forme, les dimensions, la matière, des fournitures à effectuer.

Les soumissions souscrites sur papier timbré sont ouvertes et lues en public.

Après approbation de sa soumission, l'adjudicataire peut réclamer un double des plans, modèles et échantillons déposés pour l'aider

dans l'exécution de son entreprise ; mais il est bien tenu de les restituer dès que sa première fourniture a été acceptée.

Les réceptions se font en très grande partie à Malines.

Dès leur arrivée dans les locaux de la Commission de réception, les marchandises sont pesées, comptées et classées par espèce et par marché. Elles sont ensuite visitées par des ouvriers compétents et soumises à une surveillance incessante. Pour cette visite il est mis à la disposition de ces agents des modèles identiques à ceux qui ont été déposés. Les défauts, imperfections, etc., constatés, sont consignés dans un carnet qui est remis en séance à la Commission. Celle-ci se réunit à certains jours fixés pour procéder à la réception des fournitures qui lui sont présentées et en prononce l'acceptation, l'ajournement ou le rebut.

Les réceptions de matériel roulant se font dans une vaste halle où les véhicules sont amenés par un transbordeur spécial. D'un côté sont établies des fosses de visite destinées à l'examen des locomotives ; de l'autre, des voies montées sur chandelles et placées dans une fosse d'assez grande largeur pour permettre la visite des voitures et des wagons.

ATELIERS CENTRAUX DE MALINES

Les ateliers centraux de Malines sont divisés en deux parties distinctes, spécialement chargées, l'une des travaux relatifs au matériel de traction en général, et l'autre des travaux de réparation du matériel à voyageurs.

La direction de chacune de ces subdivisions est confiée à un ingénieur.

L'ensemble des installations et des dépendances des ateliers centraux couvre une superficie de 21 hectares ; nous donnons ci-après un aperçu succinct des diverses installations que ces ateliers comportent.

I. — Ateliers des locomotives.

Ces ateliers se divisent en cinq sections :

1° La tournerie qui s'occupe de tous les travaux de parachèvement des pièces de fonte, de fer et de cuivre et dispose à cet effet de 140 machines-outils desservies par 145 ouvriers.

2° L'atelier de montage présente 55 fosses permettant de recevoir, simultanément, 55 locomotives, dont la réparation est confiée à 291 ouvriers.

La même section compte en outre 90 ouvriers, ajusteurs, robinettiers, qui sont installés dans un atelier spécial, et chargés de la réparation des divers organes de mouvement des locomotives sur chantier, de la confection et de la réparation des pièces de rechange destinées aux ateliers des lignes, ainsi que de l'entretien des diverses pièces du frein Westinghouse.

3° L'atelier des forges comporte 32 feux doubles et est desservi par six marteaux-pilon d'une force totale de 6 130 kilogrammes.

Cet atelier comprend également les installations des fours à remanier le fer, et la fabrication du fer battu ; le personnel affecté aux travaux ressortissant à cette section comprend 177 agents.

4° La tournerie des roues est chargée de tous les travaux de réparation des roues de locomotives, de tenders, de voitures et de wagons, travaux qui comprennent le désembatage, l'embatage, le tournage et toutes les opérations qui s'y rapportent.

Les installations de cet atelier comprennent 4 fours, 2 refroidissoirs, 2 presses hydrauliques et 11 machines-outils.

Le personnel de cette section se compose de 83 agents.

5° Cette section comprend deux parties distinctes :

A. La chaudronnerie de fer et de cuivre spécialement chargée de tous les travaux de réparation des chaudières des locomotives, des générateurs, des appareils à chauffer l'eau, des réservoirs en tôle, etc. Cet atelier est desservi par 3 machines-outils.

Le personnel des chaudronniers se compose de 184 ouvriers.

B. Les fonderies de fer et de cuivre qui occupent 86 agents.

La fonderie de fer est alimentée par deux cubilots, système Heurtier-Carré ; la fonderie de cuivre dispose de 6 fours.

La force motrice qui actionne les divers outils de l'ensemble des installations constituant les ateliers centraux des locomotives est produite par 5 machines à vapeur à deux cylindres de la force totale de 155 chevaux.

Les chiffres cités ci-dessous permettent d'apprécier le rendement des ateliers des locomotives, ils représentent la production de l'exercice 1883.

Il a été réparé :

163 locomotives ;
66 tenders ;
2 voitures à vapeur ;
2 wagons-traîneaux ;
4 générateurs de machines fixes (transformation ou réparation) ;
5 grues mobiles sur chariot ;
1 grue à vapeur ;
3 grues fixes à potence ;
13 wagons-grues ;

Le remaniage et les forges ont produit :

265 059	kilogrammes	fer battu en barres ;
24 335	—	— pièces forgées ;
1 138	—	acier commun pièces forgées brutes ;
3 904	—	acier fondu pièces ;
248 275	—	fer en pièces forgées n° 1 ;
90 366	—	— — n° 2 ;
77 645	—	— — n° 3 ;
69 762	—	ressorts pour locomotives et tenders ;

La production des fonderies de fer et de cuivre s'élève à :

507 003	kilogrammes	fonte en pièces coulées brutes ;
134 647	—	bronze pièces coulées brutes ;
10 164	—	laiton — —
107 357	—	coussinets en bronze bruts.

II. — Ateliers des voitures.

La partie des ateliers des voitures où s'opèrent principalement les grandes réparations des voitures et du matériel roulant entrant dans la composition des trains à voyageurs se compose de six sections, comme suit :

1° La forge comprend 82 feux accouplés deux à deux sous la même cheminée, activés par un courant d'air fourni par deux ventilateurs à force centrifuge et circulant dans une conduite régnant sur toute l'étendue de l'atelier.

Le personnel de cet atelier se compose de 82 forgerons et de 95 manœuvres et aides-forgerons ; il s'occupe spécialement de la réparation et de la transformation des divers ferrements entrant dans la construction du matériel roulant qui passe par nos ateliers.

Deux marteaux-pilons à vapeur constituent la force mécanique de cet atelier.

Une balance à peser les ressorts du système Buckton et un four à tremper leurs feuilles sont installés dans la partie de ce chantier, où se fait la réparation des appareils de suspension.

Les travaux s'exécutent sous la surveillance de deux contremaîtres et un brigadier.

2° L'atelier des menuisiers où se fait la réparation proprement dite du matériel roulant, peut contenir 220 véhicules.

Le personnel de ce chantier est réuni en brigades ; les unes s'occupent exclusivement de la réparation des trains des véhicules et de la visite minutieuse de leurs appareils de suspension et de roulement ; les autres opèrent la réfection des caisses et des portières ; enfin, les brigades de manœuvres assurent le transport des pièces à mettre en œuvre d'atelier à atelier, de chantier à chantier.

Les machines-outils, placées au milieu de cet atelier, sont au nombre de 28.

Un moteur du système Sulzer et de la force de 30 chevaux active ces machines-outils qui finissent les pièces de bois débitées à la scierie dépendante de l'atelier des menuisiers et comprenant trois scies.

Celles-ci sont mises en mouvement par une machine Walschaerts à

condensation et détente variable par le régulateur et de la force de 25 chevaux.

Dans une seconde dépendance de l'atelier des menuisiers, on répare les wagons de 20 tonnes à doubles trains mobiles ; 6 de ces véhicules peuvent y prendre place à la fois.

Cette même section comprend une troisième dépendance appelée « fosse de visite » desservie par le personnel de cette section qui est spécialement chargé de l'examen et du levage complet des véhicules réparés avant leur remise en service.

Le personnel attaché à la deuxième section se compose de 563 agents.

3° L'atelier de peinture se subdivise en deux parties ; la première, où se fait le renouvellement ou la restauration de la peinture proprement dite des véhicules qui ont subi une réparation ; la deuxième, où se pratique le vernissage des voitures. Ce second chantier est séparé du premier et chauffé de manière à y maintenir une température uniforme et favorable au travail qu'on y exécute.

Un atelier de réparation de couleurs comprenant un pulvérisateur et six machines à broyer est annexé à la section des peintres, dont le personnel compte 159 agents.

4° Le chantier des garnisseurs et bâcheurs. Les premiers s'occupent exclusivement de la réparation ou du renouvellement des garnitures des voitures passant pour grande réparation dans nos ateliers. Les bâcheurs ont pour mission l'entretien des bâches appartenant à l'exploitation de l'État, et le remplacement de celles qui sont mises hors de service. La confection de celles-ci se fait complètement par nos soins, c'est-à-dire qu'une installation spéciale nous permet de faire l'enduisage de la toile, d'opérer son séchage à l'air libre et de procéder à la couture des bâches, au moyen de sept machines activées par une machine verticale du système Chadwick de la force de 8 chevaux, qui commande également la broyerie de couleurs.

Une partie du personnel de cette section s'occupe de la réparation et de la confection des courroies de transmission destinées aux divers ateliers du chemin de fer de l'État, ainsi que de la mise en bon état des paniers divers utilisés pour le trafic de notre administration.

Trois fours doubles à étages, du système Michel-Perret, et alimentés exclusivement par des cendrées provenant de nos forges, assurent le chauffage de cet atelier dont le personnel ouvrier se chiffre par 206 agents.

5° L'atelier des ajusteurs et tourneurs où se fait le parachèvement des pièces confectionnées ou réparées à la forge.

Les moyens d'action mécanique de ce chantier sont : une machine motrice du système Corliss de la force de 30 chevaux, commandant 39 machines-outils.

Deux brigades d'ajusteurs sont chargées spécialement de la visite, du démontage, de la réparation et du montage des freins divers ainsi que de l'application des appareils Westinghouse et du frein de fondation aux véhicules qui doivent en être pourvus. Ce travail se fait sur une fosse spéciale aménagée à l'effet de faciliter le travail et de s'assurer du bon fonctionnement et de l'étanchéité des appareils Westinghouse.

Le personnel de la cinquième section se compose de 250 ouvriers.

6° La lampisterie où se fait le travail de grande réparation des appareils de chauffage et d'éclairage employés sur le réseau de l'État et dont une partie du personnel assure le montage et l'entretien des fourgons munis de réservoirs à gaz.

Chaque ouvrier ferblantier dispose d'un chalumeau servant à chauffer son fer à souder et alimenté au moyen de gaz d'éclairage et d'un jet d'air comprimé fournis par un compresseur muni d'un régulateur de pression.

Cette section compte 56 agents.

La vapeur alimentant la machine Corliss et la machine Sulzer est fournie par un groupe de 4 chaudières horizontales du système Galloway, dont 3 sont continuellement en feu et auxquelles est annexé un générateur supplémentaire provenant d'une locomotive mise hors d'usage et qui n'est utilisé que dans le cas où plus d'une des chaudières Galloway doit être mise hors feu, pour réparation ou nettoyage.

La machine Walschaerts est alimentée par une chaudière à deux corps cylindriques superposés, reliés par des tubes bouilleurs et du système Bède.

Voici le résumé des principaux travaux exécutés par les ateliers des voitures pendant l'année 1883 :

Réparation complète de 1329 véhicules pour trains de voyageurs.
Réparation complète de 40 véhicules pour services divers ;
Réparation complète de 454 véhicules pour trains de marchandises ;
Appropriation au frein Westinghouse de 290 véhicules ;

Appareillage au gaz de 37 fourgons ;
Confection de 274 bâches ;
Réparation de 17 674 bâches ;
Réparation de 5 459 paniers divers ;
Confection de 3 722 kilos de courroies de transmission ;
Réparation de 5 524 chaufferettes.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Nous terminerons cette description sommaire des ateliers centraux de Malines, par l'énumération des installations communes aux deux subdivisions spéciales. Nous citerons le service de la clinique, qui est chargé de procurer les premiers soins aux ouvriers blessés dans les ateliers; ce service dispose à cet effet du matériel, des médicaments et des fournitures nécessaires ; un agent expérimenté est attaché à la clinique où deux médecins désignés par l'administration se rendent journellement pour la visite des ouvriers atteints de maladies ou de blessures légères ; comme complément de cette installation, qui rend de grands services au personnel des ateliers, une salle de bains est mise à la dispositions des ouvriers ; ce local contient 16 baignoires installées dans les conditions les plus favorables au point de vue de la propreté et de l'hygiène. Un réfectoire reçoit les ouvriers, dont le domicile est situé à une grande distance des ateliers ou qui habitent une localité voisine, et qui prennent dans cette salle leur repas de midi pendant la suspension des travaux.

L'organisation du corps des pompiers embrasse l'ensemble des ateliers centraux. Le personnel de ce corps est recruté parmi les ouvriers d'élite ; son instruction est complète, le matériel dont il dispose comprend onze pompes accessoires, dont :

Cinq pompes alimentaires et cinq pompes aspirantes et foulantes et une pompe à vapeur, système Merry Weather, formant 6 sections desservies chacune par une section de pompiers placée sous l'autorité d'un lieutenant. La direction générale du corps est confiée à un commandant ayant sous ses ordres deux capitaines divisionnaires, commandant chacun une division comprenant trois sections de pompes.

La surveillance des ateliers et dépendances, pendant la nuit, est confiée à une brigade de 13 veilleurs recrutés dans les deux divisions et

placés sous l'autorité d'un contremaître qui règle et commande le service des rondes et des postes de surveillance; les rondes sont contrôlées au moyen d'appareils spéciaux placés dans les divers locaux; ce service est chargé, en cas d'accident ou d'incendie, de porter les premiers secours et de requérir en même temps le personnel dont l'intervention est nécessaire.

Une brigade spéciale, composée de 16 manœuvres fournis par les deux divisions, s'occupe exclusivement du chargement et du déchargement des marchandises expédiées par les ateliers ou destinées à ceux-ci, de la réception et de la mise en place du matériel entrant en réparation, de la sortie du matériel réparé; ce personnel dispose à cet effet de deux locomotives de manœuvre.

SERVICE DES ESSAIS.

M. Roussel, chef du service des essais, donne, en ces termes, d'intéressantes explications :

Le service que je dirige est annexé à la Commission de réception du matériel et des approvisionnements. Son but principal est de procéder aux épreuves prescrites par les cahiers des charges et de s'assurer par tous les moyens d'investigation possibles de la qualité des fournitures destinées aux administrations des chemins de fer, des postes et télégraphes et de la marine. En outre, il renseigne les différents services de ces administrations sur certaines questions spéciales à chacune d'elles et dont les études nécessitent des essais de tous genres.

Les administrations étrangères au département des Travaux publics, ainsi que les particuliers, peuvent réclamer son concours pour les essais de résistance.

Nous passerons successivemeut en revue les deux sections du service qui comprennent le laboratoire de chimie et les installations destinées aux essais mécaniques.

Làboratoire. — On y fait toutes les analyses chimiques nécessaires au contrôle de la qualité et de la nature des fournitures employées par les différentes administrations du ministère des Travaux publics. Le nombre des analyses chimiques faites dans ce but s'est élevé en 1882 à 8 924. Ce chiffre sera notablement dépassé en 1883.

De plus, le laboratoire fournit aux différentes directions les renseignements les plus divers, tels que : analyses d'eau, essais photométriques des divers systèmes d'éclairage, essais de combustibles, analyses complètes d'aciers, de bronzes, de pierres, de chaux, de ciments, etc. Il examine les produits industriels au point de vue de leur nature, de leur valeur commerciale, afin de déterminer la place qu'ils doivent occuper dans la classification générale des marchandises. Il fait les études concernant les conditions de transport des matières sujettes à détériorations, vénéneuses, inflammables et explosives.

La multiplicité des essais de tous genres et la rapidité exigée par les besoins du service ont nécessité cette assez vaste installation.

J'appellerai votre attention sur la ventilation du laboratoire. Les opérations susceptibles de répandre des vapeurs acides ou autres sont faites sur une table en maçonnerie devant laquelle se trouvent les bouches de six cheminées d'appel dont le tirage est activé au moyen d'un bec de gaz qui se trouve dans chacune d'elle. Par cette disposition, j'ai pu éviter les grands manteaux qui accompagnent ordinairement les cheminées des laboratoires et qui offrent plus d'un inconvénient. Trois cheminées d'aérage sont en outre pratiquées dans le plafond et complètent le système de ventilation.

Essais mécaniques et physiques. — Ces essais portent sur les matériaux devant entrer dans la construction tels que tôles, fers divers, rails, bronzes, bois, pierres, briques, etc..., et sur certains objets confectionnés (chaînes, tirants d'attache, câbles, longerons en tôle, ressorts, bandages, essieux, etc.). En outre, certains essais de précision sont faits en vue d'études spéciales (détermination du coefficient d'élasticité et de résistance de matériaux spéciaux). Dans le courant de 1882 il a été effectué 4 897 épreuves de tous genres.

Un atelier spécial est destiné à donner aux matériaux une forme telle qu'ils puissent s'adapter aux pièces d'attache des machines d'essai. Les outils qui exécutent ces travaux n'offrent rien de particulier qui mérite d'attirer l'attention.

Voici les différentes machines qui servent aux essais.

Une sonnette avec une série de moutons pour l'essai au choc des bandages, essieux, rails, etc.

Une machine ou mouton à vapeur pour essayer les ressorts au choc.

Une machine du système Buckton pour déterminer la force portante des ressorts.

Un appareil à essayer les tôles en les pliant à froid.

Une machine d'épreuve à la traction spécialement destinée aux chaînes de toutes espèces, crochets et tendeurs. Les essais peuvent se faire sur une longueur de dix mètres.

Le banc d'épreuve système Kirkaldy. — Cette machine agit horizontalement; elle comprend deux parties principales. La première, qui sert à transmettre l'effort à exercer sur les pièces d'épreuve, se compose d'un plateau en fonte directement fixé au piston de la presse hydraulique et qui est relié à son sommier, également en fonte, par quatre tirants en fer portant chacun, sur une longueur de $6^m,80$, un pas de vis. Le sommier sur lequel viennent se fixer les pièces qui transmettent l'effort produit aux pièces à essayer, fait corps avec quatre écrous qui se meuvent sur la partie filetée des tirants au moyen d'engrenages. Tout ce système est porté par des roues qui reposent sur des rails et l'ensemble forme un chariot qui est entraîné par le piston de la presse hydraulique. Par cette disposition on peut utiliser l'effort produit en un point quelconque de l'appareil dans un sens ou dans un autre, suivant le besoin des expériences. C'est ainsi que pour les essais de traction et de torsion, les éprouvettes sont attachées à l'avant du sommier; pour les épreuves de flexion et de compression, l'effort agit sur la face opposée. Lorsque la pression de l'eau n'agit plus, un contrepoids ramène le chariot au commencement de sa course.

La seconde partie de l'appareil sert à mesurer l'effort exercé sur la pièce soumise à l'essai et se compose d'un levier maintenu normal au banc, qui se meut dans le sens horizontal; le petit bras reçoit la totalité de l'effort exercé; le grand bras est relié à une romaine qui est maintenue parallèlement à l'axe de la machine en étant très solidement raccordée au bâti de celle-ci. Tous les leviers composant la balance sont suspendus par des tringles sur des arêtes vives; de cette façon les frottements sont pour ainsi dire nuls et l'on peut peser depuis 3 ou 4 kilogrammes jusqu'à 425 000 kilogrammes avec une exactitude et une sensibilité remarquables, même sous des charges très élevées.

La graduation de la romaine indique le rapport des bras de levier, et

l'on fait varier le poids des curseurs suivant la grandeur des efforts que l'on a à mesurer.

Les curseurs sont mus, sur les leviers de la romaine, par de petits chariots qui sont entraînés par des cordes sans fin. Ce mouvement permet de suivre la charge exercée sans la moindre secousse ; pendant toute la durée d'une expérience, il est facile de maintenir très sensiblement les fléaux dans la position d'équilibre.

Les éprouvettes mettent en connexion ces deux parties de l'appareil au moyen de diverses pièces d'attache qui diffèrent suivant le genre d'essai que l'on a à effectuer. Les plans indiquent les dispositions particulières de la machine, pour les différentes expériences qui peuvent être exécutées.

La pression hydraulique est produite par deux appareils qui peuvent fonctionner simultanément ou séparément. L'un d'eux se compose de 3 pompes à refoulement ordinaires, calées sur un même arbre, à 120 degrés, de façon à atténuer le plus possible l'effet des points morts. Deux de ces pompes peuvent être déclenchées afin de pouvoir, pour les grands efforts, répartir toute la puissance en une seule. Le second appareil est un compresseur Thomasset du plus grand modèle; comme il est très connu en France, je ne crois pas utile de le décrire.

Pour la mesure des allongements, nous possédons un cadran multiplicateur à spirale et un cathétomètre horizontal.

Le premier de ces appareils se compose d'un disque en bronze qui fait corps avec une petite roue dentée, laquelle tourne autour d'un axe fixe. Cette roue engrène avec une crémaillère dont le prolongement est une règle qui est fixée au sommier du chariot de la machine Kirkaldy. Une aiguille est maintenue par une vis de pression sur l'axe autour duquel tourne le cadran. Comme celui-ci a un diamètre environ dix fois plus grand que la roue dentée qui l'entraîne, les déplacements du chariot peuvent se lire très facilement au vingtième de millimètre. Lorsque par une certaine tension, on n'a plus à tenir compte du jeu des pièces de la machine, on peut admettre, sans erreur appréciable, que le déplacement du chariot correspond à la déformation de l'éprouvette. Dans la rainure en spirale que porte le plateau en bronze se trouve un petit index en fer qui, en étant retenu par l'aiguille, indique le nombre de révolutions faites par le cadran. Dans les essais de traction, de compression et de flexion, cet appareil me rend beaucoup

de services, lorsque, toutefois, une très grande exactitude n'est pas demandée.

Quand il s'agit d'expériences de précision, je me sers d'un cathétomètre horizontal construit par M. Froment-Dumoulin, de Paris. Le déplacement relatif des deux lunettes est opéré par une vis micrométrique exécutée d'une façon remarquable ; l'on peut faire ainsi une lecture au $\frac{1}{200}$ de millimètre ; si l'on veut pousser l'approximation au $\frac{1}{1000}$ de millimètre, on se sert d'un oculaire micrométrique porté par la lunette et qui détermine la variation de longueur.

La machine Kirkaldy permet d'exécuter les expériences les plus diverses de traction, de compression, de flexion, de cisaillement et de torsion ; mais elle est également employée à l'épreuve des pièces toutes confectionnées. On peut ainsi se rendre compte à la fois de la qualité des matériaux employés et aussi rechercher, par la voie expérimentale, quelles sont les formes les plus avantageuses et les dispositions d'assemblages qui doivent être préférées.

Dans le but de permettre aux ingénieurs et aux industriels de faire les expériences nécessaires à leurs études ou de s'assurer de la qualité de leurs produits, le gouvernement a mis le banc d'épreuve à leur disposition et fixé, par arrêté du 3 juin 1882, les conditions auxquelles ces essais peuvent être effectués.

Tout le monde ayant eu l'occasion de voir des essais de traction et de flexion, j'ai pensé qu'il serait plus intéressant d'assister à une épreuve à la torsion.

Si certains d'entre vous désiraient avoir quelques détails complémentaires sur les installations que j'ai eu l'honneur de vous montrer, ou sur les travaux que j'ai effectués, je me mets à leur disposition avec le plus grand plaisir, pour leur donner les renseignements dont ils auraient besoin.

VI. TRAMWAY DE LIÈGE A SERAING

NOTE DE M. PAUL BOURGEOIS, DIRECTEUR

Ce tramway, le premier à vapeur concédé en Belgique, a son origine à la rue des Guillemins, à Liège, suit la route de Liège à Huy jusqu'au pont suspendu de Seraing, et aboutit à la place de l'Église de Jemeppe.

L'inauguration de cette ligne a eu lieu le 8 mai 1882, son exploitation a donc actuellement une durée de 18 mois.

Notre société a demandé les concessions suivantes :

1° de Liège à Jemeppe;

2° de Jemeppe à Hollogne-aux-Pierres;

3° de Jemeppe à Flémalle, sur la rive gauche de la Meuse;

4° de Liège à Seraing et le val Saint-Lambert, sur la rive droite de la Meuse.

Jusqu'à présent, une seule de ces concessions nous a été accordée : la ligne de Liège à Liège-Jemeppe. Cette ligne a une longueur de 7 500 mètres; elle traverse les territoires de Liège, Ougrée, Tilleur et Jemeppe.

La commune de Seraing, qui se trouve sur la rive droite de la Meuse, est reliée au railway par un pont suspendu.

Quant aux autres demandes en extensions, M. le Ministre des travaux publics nous informe, par dépêche en date du 11 juillet 1882, qu'il attendra pour statuer, que les Chambres législatives se soient prononcées sur le projet de loi déposé par le gouvernement, le 12 mai de la même année, en vue de constituer une société nationale pour la construction et l'exploitation de chemins de fer vicinaux.

La voie est construite d'après le système du Roy de Blicquy, pour les routes pavées, et d'après le système Vignole pour les accotements. Elle est à l'écartement de $1^m,50$.

Les croisements se trouvent à des distances calculées suivant les lieux et la vitesse plus ou moins grande avec laquelle les trains peuvent marcher.

La vitesse moyenne est de 15 kilomètres à l'heure sur les accote-

ments et de 20 kilomètres en plaine ; cette vitesse se trouve réduite de 8 à 10 kilomètres dans les agglomérations.

Le matériel fourni par la Société « La Métallurgique, » se compose de 12 locomotives, de 11 tonnes environ à vide, construites dans les ateliers de Tubize, et de 24 voitures à voyageurs, construites dans les ateliers de Nivelles. Nous avons en outre 25 wagons à marchandises de 6 tonnes.

Les locomotives sont parfaitement combinées et font honneur à M. Hubert Cénant, directeur des ateliers de Tubize.

Ces machines sont à six roues couplées.

En voici les dimensions principales :

Diamètres des cylindres	0,21
Course des pistons	0,35
Diamètre des roues.	0,85
Timbre de la chaudière	12 atmosphères

Elles sont pourvues d'une toiture, ont un condenseur et marchent dans les deux sens, ce qui évite l'emploi des plaques tournantes, toujours difficile, sinon impossible sur la voie publique. Leur construction ne laisse à désirer sous aucun rapport, car, après 18 mois d'exploitation, nous n'avons pas eu de réparations sérieuses, pas une pièce du mécanisme n'a été cassée, et cependant leur service est rude, chaque locomotive faisant en moyenne 150 kilomètres par jours. Elle sont fort élégantes, ne produisent ni bruit ni fumée, ne répandent aucune odeur, ne délaissent sur la voie publique ni cendre ni combustible, et le mécanisme étant entièrement caché, les organes de transmission sont à l'abri de la poussière et de la boue.

Enfin, elles ne présentent pas un aspect effrayant pour les chevaux, et pour nous servir de l'expression d'un de nos journaux, ceux-ci, loin de s'effrayer, les regardent passer à côté d'eux de l'œil le plus tranquille, et paraissent même enchantés de la concurrence qu'elles leur font et qui diminue considérablement leur fatigue sur cette route si fréquentée.

Les voitures construites à Nivelles, sous l'habile direction de M. Brulé, sont des plus élégantes et des plus confortables. Elles sont parfaitement aménagées et leur excellente construction a entièrement satisfait la Société exploitante.

« La Métallurgique » n'a rien négligé pour obtenir un bon type de voiture pour tramway à vapeur, tout est parfaitement conçu et mérite les plus vives félicitations.

Je terminerai cette petite note par quelques mots sur l'exploitation.

Les départs des trains se font à heures fixes, de 15 en 15 minutes, de 6 heures du matin à 8 heures du soir, plus des départs supplémentaires à 9 heures, 10 h. 30 et 12 heures. Les jours de fêtes, ce service de 15 en 15 minutes est prolongé jusqu'à une heure du matin.

Chaque train est composé de la locomotive et de 2, 3, 4 ou 5 voitures selon les circonstances.

En un seul jour, six trains en marche ont transporté 17 000 voyageurs. C'est vous dire combien est grande la circulation entre Liège et les communes desservies par le tramway.

Si nous consultons le bilan arrêté au 31 décembre dernier, nous y verrons que pour 8 mois d'exploitation les recettes se sont élevées à 142 624 francs et les dépenses à 66 482 francs, soit donc un bénéfice net de 76 142 francs.

La ville de Liège nous a accordé la concession d'une ligne partant de la Chapelle du Paradis pour aboutir au centre de la ville, place du Conservatoire.

Il reste encore quelques formalités à remplir, mais nous espérons pouvoir sous peu commencer les travaux de ce tronçon, qui aura pour avantage de faire disparaître l'inconvénient reproché à la ligne actuelle d'être trop éloignée de l'intérieur de Liège.

OBSÈQUES DE M. ERNEST GOÜIN

Paroles prononcées par M. Ernest FOUQUET

Messieurs,

Raconter la vie d'un homme de bien dont le labeur a duré un demi-siècle, c'est incontestablement le plus beau témoignage que l'on puisse rendre à sa mémoire; l'éloquence n'est pas nécessaire pour remplir cette tâche; il suffit d'avoir vécu dans l'intimité de celui que la mort nous a ravi, de l'avoir aimé, et de laisser parler ses souvenirs.

J'ai été assez heureux pour commencer ma carrière, il y a bien longtemps déjà, sous le patronage de celui que nous pleurons; j'ai été son collaborateur depuis trente-trois ans, et je remplis un devoir d'affection et de reconnaissance en vous parlant de lui.

M. Ernest Goüin est sorti de l'École polytechnique en 1836 ; classé dans l'état-major, il donna sa démission, puis fut admis à l'École des ponts et chaussées, où il passa deux ans.

Le grand mouvement industriel qui caractérise notre époque commençait à se dessiner; les chemins de fer, la navigation à vapeur, occupaient toutes les intelligences; c'était en Angleterre seulement qu'ils pouvaient alors être étudiés; M. Goüin s'y rendit; il apprit d'abord l'anglais, puis, après quelques mois de séjour dans les ateliers mécaniques les plus renommés, il fut chargé par M. Clarke, directeur de la traction du chemin de fer de Paris à Orléans alors en construction, du contrôle de l'exécution des locomotives que cette Compagnie avait commandées aux ateliers de Sharp, à Manchester. C'est là que se décida la vocation de M. Goüin, qui devait prendre plus tard, dans toute l'Europe, une part si considérable à l'industrie des chemins de fer.

De 1839 à 1845 il fut ingénieur de la traction et des ateliers des lignes de Paris à Saint-Germain, Versailles et Saint-Cloud. Ces petites

lignes, qui semblent si peu de chose actuellement, furent pourtant la pépinière des plus hautes personnalités du monde aujourd'hui si considérable des chemins de fer. Avoir occupé l'un des premiers rangs techniques dans cette Compagnie minuscule est un titre d'honneur que je ne pouvais passer sous silence. Bien des expériences d'ailleurs y furent faites : c'est là que fut tentée l'application de la pression atmosphérique à la propulsion des trains, c'est là que fut installé le premier télégraphe électrique. M. Goüin fut l'ingénieur des machines atmosphériques, machines colossales pour leur temps ; il alla étudier en Angleterre les premiers appareils de télégraphie, qu'il rapporta en France.

En 1846, il fonda ses ateliers de construction de locomotives et de machines de filature, aux Batignolles ; trois ans après, il introduisait en France la construction des ponts en fer, construction toute nouvelle, qui n'était jusqu'alors pratiquée qu'en Angleterre. Quelques années plus tard, il installait des chantiers de navires, en bois et en fer, à voiles et à vapeur, à Nantes.

Un champ plus vaste s'offrit bientôt à son activité : en 1857, la construction des chemins de fer était à l'ordre du jour dans toute l'Europe ; mais l'industrie française était encore timide, les communications étaient lentes et difficiles, et l'industrie métallurgique de notre pays se limitait au marché national. M. Goüin ne craignit pas de donner l'exemple en se chargeant de la construction des plus grands ponts, en Hongrie d'abord, en Russie ensuite, puis dans toute l'Europe et dans les pays d'outre-mer. Quelques années après, il engagea résolument sa maison dans la construction des chemins de fer, et fit établir plus de mille kilomètres de voies ferrées en Espagne, en France, en Italie, en Autriche, en Roumanie, en Belgique, en Algérie, au Sénégal.

Cette existence industrielle si remplie n'absorbait pas toute son activité ; il trouvait encore le temps d'être, plusieurs années, Président du Conseil des prud'hommes de Paris, fonction absorbante et délicate, qu'il acceptait pourtant avec abnégation et remplissait avec conscience, car, ainsi qu'il le disait lui-même, c'était à ses yeux une obligation de sa situation industrielle, et il ne se croyait pas le droit de l'éluder. Il était ensuite membre, puis président de la Chambre du commerce, de 1873 à 1876 ; puis conseiller municipal à Paris pendant quinze ans, de 1860 à 1875. Enfin, il était nommé il y a quelques années, régent de la Banque de France : c'était le couronnement d'une vie consacrée

au travail et dont la loyauté et l'honorabilité peuvent être prises pour modèles.

J'ai fait connaître jusqu'ici l'ingénieur, l'administrateur; j'ajouterai quelques mots encore, car j'ai l'obligation de dire quels sentiments M. Goüin inspirait à tous ceux qui l'ont approché, et je ne dois pas oublier que je suis l'interprète de ses collaborateurs de tous rangs, depuis les ingénieurs jusqu'au plus modeste de ses ouvriers.

En lui, l'homme était meilleur encore que l'ingénieur et l'administrateur : esprit froid, loyauté à toute épreuve, caractère affable, cœur chaud, ces quatre mots me semblent le résumer.

Jamais aucune affaire, jamais aucune idée, si séduisantes qu'elles pussent paraître, si habilement qu'elles fussent présentées, ne trompaient cet esprit calme qui, d'instinct en quelque sorte, discernait à première vue la limite qui sépare les choses réalisables des utopies; il n'avait jamais de parti pris, écoutait toutes les observations, laissant parler plus qu'il ne parlait lui-même, plus disposé par caractère à adopter l'opinion d'autrui, si elle lui paraissait bonne, qu'à énoncer la sienne et à la faire triompher.

Il était toujours préoccupé de l'avenir des ingénieurs et des agents de tous grades attachés à sa maison, et toujours enclin à leur conseiller lui-même de profiter de toutes les éventualités favorables qu'ils pouvaient rencontrer, mettant au dernier plan ses propres intérêts, quand il s'agissait de l'avenir des autres.

Il s'intéressait à tous ceux qui l'entouraient jusqu'aux rangs les plus modestes; toute réclamation bien ou mal présentée, justifiée ou non, était examinée sans retard, avec bienveillance, chacun obtenant toujours au delà de ce qui lui était dû. Tout agent, de quelque grade qu'il fût, tout ouvrier attaché depuis un certain nombre d'années à sa maison, avait des titres établis à ses yeux, et pouvait compter sur son appui en tout temps, sur sa générosité si le malheur frappait à sa porte. Je n'insiste pas sur ce point, dont vous entendrez parler tout à l'heure beaucoup mieux que je ne saurais le faire; mais ce qui précède suffit pour faire comprendre les sentiments d'affection qu'il a su inspirer.

J'ai dit en commençant que raconter la vie de M. Goüin, c'était le meilleur hommage qu'on pût lui rendre; je termine en disant qu'un demi-siècle de travail persévérant avait porté ses fruits; le respect et la considération publique, l'affection sincère de ceux qui l'ont approché ont été sa première récompense; il a eu la satisfaction de voir

grandir de jour en jour l'œuvre qu'il avait entreprise en fondant sa maison, il y a quarante ans, œuvre qui l'a passionné jusqu'à son dernier jour ; il a eu la joie de pouvoir, il y a plusieurs années déjà, s'associer son fils, qu'il avait su préparer à ce rôle par de fortes études et par un stage prolongé dans chacun des grades hiérarchiques.

Il a eu le bonheur de voir que son œuvre lui survivrait sous la direction de ce fils ; il a pu se dire avec un légitime orgueil qu'il lui laissait plus encore qu'une haute position industrielle, je veux dire une réputation universelle de droiture et d'honorabilité bien méritée, et l'assurance du concours dévoué et de l'affection d'un personnel nombreux.

J'ai fini, messieurs ; il me reste à dire adieu, au nom de tous, à l'ami, au chef bienveillant et bienfaisant ; à proclamer que sa mémoire nous restera chère, et enfin à exprimer la ferme confiance que ce chrétien convaincu a trouvé la récompense de son travail et de ses vertus.

Paroles prononcées par M. Émile AUGIER

Messieurs,

Il n'y a pas encore un an, nous accompagnions ici même une de ces femmes rares qui sont l'âme de leur famille et le centre d'un cercle d'amis dévoués. Son mari désespéré avait trouvé la force de la suivre jusqu'au bord de cette tombe, mais tellement courbé par la douleur que nous sentions tous qu'il ne se relèverait pas de ce coup terrible.

Et, en effet, il était frappé au cœur.

Il y a des unions si indissolubles que la mort même ne les interrompt pas et que le premier parti semble attirer l'autre à lui par une attraction invincible. On peut dire que les derniers jours d'Ernest Goüin n'ont été qu'une douloureuse aspiration, un douloureux élan vers celle qu'il avait perdue : c'est que jamais deux êtres supérieurs ne se sont plus intimement fondus ensemble et mieux complétés, apportant à la communauté l'une la vivacité de son esprit et de son cœur, l'autre la hauteur et la placidité de son âme.

Vous venez d'entendre le récit de l'œuvre colossale de l'infatigable travailleur ; ne vous êtes-vous pas demandé, en l'écoutant, comment un homme avait pu suffire à un tel labeur ? Eh bien, le secret de sa puissance était dans l'intelligente affection de sa femme, qui s'ingéniait à lui faire du foyer domestique le plus doux et le plus riant des reposoirs. C'était un spectacle charmant et sain que cet intérieur où le père, revenant du travail quotidien, trouvait la chère compagne dont sa sérénité tempérait la verve toujours en éveil, des enfants qu'il adorait et dont il était adoré, de vieux amis heureux de se retremper dans ce milieu si calme à la fois et si fortifiant.

C'est ainsi qu'ils se partageaient les tâches de la vie... non pas toutes cependant, car ils avaient des œuvres communes : d'abord l'éducation de leurs enfants, qu'ils ont voulus dignes d'eux et qu'ils ont élevés moins encore par leurs leçons que par leurs exemples ; ensuite leurs immenses charités, dont la mort seule a révélé le secret, et devant lesquelles on se rappelle involontairement ce mot admirable du chancelier de L'Hôpital à sa femme : « Souvenez-vous, madame, que nous n'emporterons là-haut que ce que nous aurons donné ici-bas. »

Eux aussi « *transierunt benefaciendo.* » Et je ne parle pas de leurs aumônes ; si considérables qu'elles fussent, elles n'étaient rien à côté de leurs fondations : fondation à Batignolles d'une école de filles et d'un orphelinat pour plus de deux cents enfants ; d'un pavillon spécial à l'hospice Brézin pour les ouvriers à marteau ; d'une maison de convalescence à Nemours pour les enfants des Batignolles, et, à Cannes, pour les femmes anémiques, en souvenir du séjour de madame Goüin ; donations aux établissements de Saint-Nicolas pour l'agrandissement des ateliers et l'ouverture de nouveaux dortoirs ; donations aux écoles libres de garçons et en général à toutes les œuvres charitables du quartier des Batignolles... Quoi encore ? Je ne finirais pas. Vous dirai-je le chiffre énorme auquel s'élèvent tant de bienfaits ? Non ! Respectons jusque dans la tombe la pudeur de leur bienfaisance ; mais vous devinez, messieurs, que nos deux chers amis doivent être bien riches là-haut.

Ils y sont réunis après une courte séparation ; les voilà inséparables à jamais ; ne les séparons pas plus dans cet adieu suprême que dans notre affection et nos profonds regrets.

CHRONIQUE

Sommaire. — Le trafic du canal de l'Érié. — Usure des rails. — Chemins de fer à traction électrique. — La locomotive *Decapod*. — Alimentation d'eau des villes de l'Amérique du Nord. — Compteurs d'eau système Schmid.

Le trafic du canal de l'Érié. Voici sur le trafic de cette grande voie de communication quelques renseignements intéressants extraits du rapport annuel de M. Sweet, ingénieur du contrôle pour l'État de New-York.

Le mouvement de la navigation sur le canal de l'Érié s'est ressenti du malaise qu'ont subi toutes les industries de transport du pays pendant l'exercice qui vient de se terminer. Le montant total du tonnage transporté sur les canaux de l'État pendant la dernière saison s'est élevé à 5 009 488 tonnes, qui se répartissent comme suit : produit de l'exploitation des forêts, 1 671 706 ; produit agricoles, 1 264 237 ; produits manufacturés, 205 006 ; marchandises proprement dites, 300 450 ; autres articles, 1 568 059.

Ce chiffre est en diminution de 654 588 tonnes sur le tonnage transporté l'année précédente. Mais, non seulement il y a réduction sur le tonnage, de plus, le fret est descendu à des taux inconnus jusqu'ici. Pour ces deux raisons, les canaux ont eu à souffrir autant que les chemins de fer avec lesquels ils exercent une concurrence ardente qui est la principale cause de l'abaissement extraordinaire des prix de transport.

Les rapports sur les opérations du New-York Central Railroad indiquent une diminution de 688 024 tonnes en 1884, par rapport à 1884, et ceux du New-York et Érié une diminution correspondante de 2 538 685 tonnes.

On ne peut attribuer ces réductions à l'ouverture, faite l'année précédente, d'une nouvelle ligne rivale, le West Shore Railroad, car le tonnage entier de cette ligne, pendant l'année, n'atteint pas le tiers de la perte de tonnage subie par les deux autres.

Le tarif moyen de ces voies ferrées a été, pour 1884, de 0 fr.023 par tonne kilomètre, au lieu de 0 fr.026 en 1883. Le tarif moyen des transports par canaux a été, en 1884, de 0 fr.008 par tonne kilomètre contre 0 fr.01 en 1883. Les canaux ont souffert, en même temps que le public profitait momentanément, de ces guerres de tarifs que la concurrence amène périodi-

quement et aussi de ce que la mauvaise récolte de 1883 et l'état des affaires en 1884, ont réduit l'importance du trafic à un taux insuffisant pour la prospérité générale des industries de transport. Les recettes totales de tous les chemins de fer de l'État de New-York ont été, en nombres ronds, de 631 millions de francs pour 1884, contre 670 millions, en 1883. Les dépenses ont été, pour les mêmes années, de 594 et 570 millions. On voit que les recettes ont diminué de 39 millions, tandis que les dépenses ont augmenté de 24, ce qui fait une perte totale de 63 millions sur 1883, soit presque exactement 10 pour 100 des recettes totales de 1884; et il faut ajouter que le capital d'établissement des chemins de fer de cet État s'est augmenté de plus de 220 millions de francs pendant la dernière année.

Le tableau ci-dessous donne les tonnages comparés du canal de l'Érié et des chemins de fer qui sont en concurrence avec cette voie de communication pour les vingt dernières années. Nous avons arrondi les chiffres pour simplifier :

ANNÉES	TONNAGE ANNUEL	
	CANAL	CHEMINS DE FER
1865	4.728.000	3.610.000
1866	5.775.000	4.845.000
1867	5.688.000	5.152.000
1868	6.442.000	5.755.000
1869	5.859.000	6.594.000
1870	6.174.000	8.974.000
1871	6.468.000	9.376.000
1872	6.673.000	9.958.000
1873	7.365.000	11.835.000
1874	5.805.000	12.478.000
1875	4.860.000	12.242.000
1876	4.172.000	12.777.000
1877	4.956.000	12.534.000
1878	5.171.000	13.846.000
1879	5.362.000	17.228.000
1880	6.458.000	19.249.000
1881	5.179.000	22.678.000
1882	5.467.000	23.226.000
1883	5.664.000	24.503.000
1884	5.009.000	22.124.000

Il ne faut pas perdre de vue que la distance moyenne de transport est beaucoup plus faible sur les chemins de fer que sur le canal ; elle est loin d'atteindre 300 kilomètres sur la ligne de transit de l'État de New-York, tandis que la distance moyenne de transport est considérable sur le canal; il en résulte que la comparaison des tonnages bruts ne représente nulle-

ment l'importance relative des deux voies de communication et favorise le chemin de fer dans une proportion d'au moins 50 pour 100.

Ces statistiques, si elles démontrent que le canal a cessé d'occuper, comme moyen de transport, la première place qu'il avait il y a vingt ans, n'indiquent pas moins, par la constance des tonnages pendant la période relatée ci-dessus, l'importance des voies de communication par eau d'une manière bien remarquable, si on refléchit que le développement des chemins de fer a, pour ainsi dire, accaparé toutes les ressources intellectuelles d'une foule d'ingénieurs, administrateurs, entrepreneurs, etc., sans compter une énorme proportion de la fortune publique, tandis que le canal n'a à peu près rien eu pour sa part comme amélioration et perfectionnement dans son établissement et ses moyens d'exploitation.

Usure des rails. — M. Webb, du *London and North Western*, a calculé qu'il disparaît chaque heure des lignes de cette compagnie 635 kilogrammes de métal par usure des rails, pour une longueur de 2 866 kilomètres. Cela paraît très élevé à première vue, mais s'explique facilement, car ce point de départ donne une usure annuelle de $635 \times 24 \times 365 =$ 5 562 tonnes, soit un peu moins de deux tonnes par kilomètre de ligne pour un trafic exceptionnellement considérable.

L'*Iron Age* fait observer que la longueur des chemins de fer des États-Unis est, en nombres ronds, soixante et onze fois celle du *London and Nord Western*, et qu'avec la même proportion d'usure, il faudrait 438 000 tonnes de rails par an pour l'entretien. Or, la consommation de rails, en 1883, a été de 1 400 000 tonnes; si on en déduit 690 000 pour l'armement de 10 465 kilomètres de nouvelles lignes, il reste 750 000 tonnes pour l'entretien. On peut en conclure que l'usure des rails est notablement plus grande sur les chemins de fer américains que sur la ligne anglaise précitée.

Chemins de fer à traction électrique. — Nous trouvons dans les extraits des publications étrangères annexés aux mémoires du *Midland Institute*, le résumé suivant d'un travail du baron Gostkowski paru dans le *Bulletin hebdomadaire des Ingénieurs et Architectes autrichiens*.

Dans ce travail, l'emploi des accumulateurs n'est pas examiné, parce que l'auteur conclut que leur poids les empêcherait d'être employés sur des chemins de fer ayant des inclinaisons notables. Il n'étudie que le cas où le courant arrive directement à la machine motrice de la locomotive, suivant le système introduit par Siemens en 1879, où les rails servaient de conducteurs et transmettaient le courant à la machine par les roues. Dans la locomotive électrique exposée à Paris en 1881 et sur la ligne ouverte plus récemment entre Mödling et Brühl, le courant est transmis à la machine par un petit frotteur glissant dans un tube en cuivre fendu placé le long de la ligne. Sur le chemin de fer de Portrush, il y a un troisième rail sur lequel roule un galet et par lequel arrive le courant; le retour s'effectue par

les deux autres rails. On n'a encore aucune donnée sur la préférence à donner à un de ces trois systèmes.

Quoi qu'il en soit, voici quelques considérations sur la question :

Le travail mécanique nécessaire pour fournir un courant de i ampères et E volts est :

$$\frac{i\,E}{g} \text{ kilogrammètres.}$$

Le travail disponible sur le moteur sera :

$$\frac{i\,e}{g} \text{ kilogrammètres,}$$

e étant la force électromotrice sur la machine.

La perte de travail est $\frac{i}{g}(E - e)$ ou, R étant la résistance totale :

$$\frac{i^2 R}{g} \text{ kilogrammètres.}$$

Cette perte doit être réduite au minimum; on y arrive, si on suppose R constant, en faisant i aussi petit que possible. Cela conduit à employer une force électromotrice élevée, ce qui exige une isolation plus parfaite et augmente le coût d'établissement. On voit par là que les valeurs de i et de e doivent être combinées en vue de réduire les dépenses.

On trouve que la perte est d'environ 30 pour 100. Si on applique cette proportion aux résultats obtenus dans les expériences faites au chemin de fer du Nord, à Paris, on trouve :

$$\frac{e}{E} = a = 0{,}83.$$

p étant le travail fourni par le moteur en kilogrammètres par seconde, on a :

$$\frac{i^2 R}{g} = 0{,}3\,p.$$

Et, comme on a

$$i = \frac{E - e}{R} \text{ et } \frac{e}{E} = 0{,}83,$$

on obtient :

$$E = 10\sqrt{p\,R} \qquad (1)$$

D'après Uppenborn, on doit prendre la résistance interne égale aux 3/7 de la résistance externe pour être dans les meilleures conditions.

Si on appelle r_1 la résistance de la génératrice,
r_2 — de la réceptrice,
r_3 — du conducteur,

on a
$$r_1 = \frac{3}{7}(r_2 + r_3).$$

Si la génératrice et la réceptrice sont semblables, on a $r_1 = r_2$, ce qui donne :

$$R = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{5}{7}\ r_3.$$

Supposons que la résistance du conducteur soit de 1/5 d'ohm et que la distance entre la génératrice et la réceptrice soit de l kilomètres, on a, en comptant deux conducteurs :

$$r_3 = \frac{1}{5}.\ 2\,l = \frac{2}{5}\,l;$$

et alors
$$R = \frac{5}{2}.\frac{2}{5}\,l = l \text{ ohms};$$

d'où, par substitution dans l'équation (1),

$$E = 10\sqrt{p.\,l} \qquad (2)$$

ce qui permet de calculer la force électromotrice pour une ligne de l kilomètres de longueur et un travail de p kilogrammètres par seconde.

Pour un chemin de fer qui exigerait un travail moteur de 300 chevaux (analogue à celui des locomotives à vapeur), on aurait :

$$p = 300 \times 75 = 15^2 \times 10^2 \text{ kilogrammètres};$$

et, d'après l'équation (2) $E = 15.00\sqrt{l}$ volts. Sur une ligne de 4 kilomètres de longueur, il faudrait une force électromotrice de $1.500\sqrt{4} = 3.000$ volts, ce qui est difficilement admissible. Si on admet le maximum de 500 volts, on trouve que, pour une ligne de 4 kilomètres de longueur, il faudrait $\frac{3.000}{500} =$ six génératrices et autant de réceptrices, ce qui ne saurait être économique. C'est pour cela qu'on n'a pu encore appliquer la traction électrique qu'à des lignes de faible longueur.

Voici un tableau donnant quelques renseignements sur diverses lignes en fonctionnement :

DÉSIGNATION	LONGUEUR	VITESSE	COURANT en ampères	RÉSISTANCE totale en ohms.	FORCE électromotrice en volts.
	mètres.	kilomètres.			
Mödling Brühl.....	1.500	20	40	0.7	350
Lichterfeld.........	7.000	20	»	»	90
Benthen..........	800	15	37	1.6	1.000
Portrush.........	11.000	12	»	1.5	500

La limite est, comme on l'a vu, dans la difficulté de l'isolation; avec les accumulateurs, elle est dans le poids des appareils; ce sont les deux obstacles que rencontre l'application de la traction électrique aux chemins de fer d'une certaine importance.

La locomotive Decapod. — Nous avons, dans la chronique de février 1884, page 243, donné quelques renseignements sur la locomotive *El Gobernador*, construite pour le *Southern Pacific Railroad*, et qu'on représentait comme la plus forte locomotive du monde. Beaucoup de publications ont traité cette question, qui a même donné lieu à des polémiques dans quelques-unes; mais ce que personne n'a dit et que nous mentionnerons en passant, c'est que *El Gobernador* (le Gouverneur) est le sobriquet sous lequel on désigne dans certaines parties des États-Unis et du Mexique les bisons qui, par leur nombre et leur force extraordinaire, sont les véritables dominateurs dans ces vastes contrées désertes. Le nom de cet animal était choisi avec intention pour désigner la machine en question.

Les ateliers de Baldwin viennent de construire une machine à dix roues accouplées qu'on a baptisée du nom de *Decapod* et qui est destinée au chemin de fer brésilien de Don Pedro II, à voie de 1^{m},600.

Le *Railroad Gazette* donne les dimensions de cette machine comparées à celles de *El Gobernador*, en indiquant que ces dernières sont les dimensions véritables, celles qui avaient été précédemment données ayant été prises d'après le projet et ayant été modifiées en quelques points pendant l'exécution.

Nous reproduisons ci-dessous ce tableau :

	DECAPOD	EL GOBERNADOR
Poids en service	63,430kg	68,860kg
Poids adhérent	57,990	54,800
Poids du tender vide	15,400	22,950
Eau, combustible et outillage	20,800	15,850
Poids du tender chargé	36,200	38,800
Poids total de la machine et du tender	101,430	107,660
Capacité des caisses à eau	13,250lit	11,000lit
Poids de combustible	7,250kg	4,500kg
Diamètre des cylindres	0m,556	0m,531
Course des pistons	0 ,658	0 ,915
Diamètre des roues motrices et accouplées	1 ,138	1 ,442
Effort de traction par kilogramme de pression moyenne effective sur les pistons	179kg	177kg
Ecartement des essieux accouplés extrêmes	5m,170	5m,970
Ecartement des essieux extrêmes	7 ,485	8 ,820

On voit que le *Decapod* a un poids un peu plus faible et un effort de traction un peu supérieur. Les tenders présentent une grande différence; celui de la machine du *Southern Pacific* pèse énormément plus que l'autre et porte moins d'approvisionnements; ce fait est probablement dû à ce qu'il a des trucks à six roues, tandis que celui de la machine brésilienne est porté sur deux trucks à quatre roues seulement.

Le point par lequel les machines diffèrent le plus est le diamètre des roues qu'on a fait, dans le *Decapod*, aussi faible que le comportait la course des pistons, notablement réduite sur celle de *El Gobernador*. On a pu réduire de 0m,80 l'écartement des essieux accouplés extrêmes et avoir encore un intervalle suffisant pour placer des sabots de frein Westinghouse, tandis que les roues de l'autre machine se touchaient presque; de plus, on a pu porter le corps cylindrique de la chaudière au diamètre extraordinaire de 1m,620.

Cette chaudière contient 268 tubes d'acier de 50,6 millimètres de diamètre extérieur et de 3m,900 de longueur, donnant une surface de chauffe tubulaire de 166 mètres carrés; le foyer a 3m,040 sur 1m,090, ce qui fait une surface de grille de 3m²,30; avec la surface directe correspondante, on peut admettre pour la surface de chauffe totale une valeur de 175 à 180 mètres carrés.

Les tiges de pistons ont 0m,10 de diamètre. Les bielles d'accouplement ont toutes des têtes rondes à bagues sans serrage; les bielles motrices actionnent les roues du milieu; celles-ci et la paire placée devant elles ont des bandages sans boudins; les trois autres paires de roues accouplées ont des bandages à boudins. Le changement de marche est à la fois à vis et à levier; on peut employer l'un ou l'autre de ces organes.

La chaudière est alimentée par deux pompes à longue course et par un injecteur.

Un numéro ultérieur du *Railroad Gazette*, dont nous avons eu connaissance seulement lorsque ce qui précède était sous presse, contient une lettre de M. A. J. Stevens, constructeur de *El Gobernador*, laquelle rectifie quelques-uns des chiffres donnés pour cette machine. Le poids en service serait de 69 760 kilogrammes et le poids adhérent de 55 090. Le tender vide ne pèserait que 14 500 kilogrammes et serait porté sur deux trucks à quatre roues et non à six roues comme il avait été dit; sa capacité serait de 11 500 litres d'eau et 4 500 kilogrammes de combustible.

M. Stevens ajoute que le diamètre du corps cylindrique varie, selon les viroles, de 1^{m},570 à 1^{m},462 et que la chaudière contient 178 tubes de 57 millimètres de diamètre extérieur et 3^{m},660 de longueur. La surface correspondante est de 116 mètres carrés; on peut admettre que la surface de chauffe totale est de 125 à 130 mètres carrées, surface bien inférieure, comme on voit, à celle de la machine *Decapod;* cette dernière nous paraît donc avoir une supériorité marquée au point de vue de la puissance sur *El Gobernador;* nous pensons toutefois que les observations que nous avons présentées l'année dernière au sujet de cette machine s'appliquent à peu de chose près à la nouvelle.

Les ateliers de Baldwin, qui ont fait cette locomotive, avaient, paraît-il, déjà construit deux machines du même type, c'est-à-dire à cinq essieux accouplés, pesant 40 tonnes, pour voie de 0^{m},915.

Alimentation d'eau des villes de l'Amérique du Nord. — Un ingénieur américain, M. J.-J.-R. Croes, vient de publier une statistique des distributions d'eau des villes américaines, qui contient des renseignements intéressants présentés sous forme de tableaux. Le premier de ceux-ci donne par ordre alphabétique les noms des villes des États-Unis et du Canada qui possèdent des distributions d'eau en fonctionnement ou en voie d'établissement. Ces villes sont au nombre de 989, et le tableau indique la population en 1880, la date de l'établissement, la provenance de l'eau et le mode d'élévation, le constructeur, le coût des travaux, le capital et le revenu, ainsi que le nom du directeur ou de l'agent supérieur.

Un second tableau range ces villes par ordre d'importance de population et donne pour chacune la date des derniers rapports, les recettes et dépenses de l'exploitation, le volume d'eau distribué par jour, la longueur de canalisation, les diamètres divers des tuyaux et leur nature, le nombre des bornes-fontaines et des prises d'eau d'incendie et divers autres renseignements.

Nous nous bornerons à indiquer que la tête de cette liste est occupée par New-York, avec 1 206 300 habitants, consommant par jour 400 000 mètres cubes d'eau, avec une longueur de 880 kilomètres de tuyaux variant de 1^{m},20 à 0^{m},10 de diamètre, et 7 200 prises d'eau d'incendie. Disons en passant qu'il y a aux États-Unis et au Canada vingt et une villes de plus

de 100 000 habitants, dont les extrêmes sont Providence, 104 900, et New-York, 1 206 300.

A l'autre extrémité de l'échelle on trouve une localité nommée Rich-Hill, dans l'État de Missouri, comptant 36 habitants ; il est vrai qu'elle consomme 120 000 litres d'eau par jour et a une canalisation de 12 kilomètres de longueur, avec 50 bouches d'incendie, c'est-à-dire notablement plus que d'habitants. La distribution d'eau appartient à une compagnie ; il n'y a pas d'autres renseignements qui puissent faire connaître ce qu'est cette localité ; nous supposons que c'est une exploitation agricole.

En somme, sur ces diverses villes, 348 sont alimentées par l'arrivée naturelle de l'eau sous l'action de la pesanteur, 624 par des pompes. Pour le reste, le mode d'alimentation n'est pas spécifié.

Compteur d'eau système Schmid. — La Société industrielle de Mulhouse avait mis au concours la question de l'invention et de l'application d'un compteur à eau applicable aux générateurs de vapeur.

Voici les termes du programme : « L'invention d'un bon appareil de ce genre serait indubitablement la source de progrès considérables réalisés dans le but d'obtenir un meilleur rendement du combustible dans les chaudières à vapeur. Indépendamment de l'utilité d'un compteur dans le cas où il s'agit d'essais et de recherches sur les chaudières, il y aurait, pour tout industriel désireux de ménager le combustible, un intérêt réel à pouvoir contrôler chaque jour son emploi en partant de la seule base certaine pour cela.

Les chauffeurs, parfois négligents et routiniers, ne feraient-ils pas mieux leur devoir et n'arriveraient-ils pas plus sûrement à la connaissance des conditions nécessaires à un bon chauffage si, en réglant leur salaire suivant le rendement du combustible obtenu par eux, on pouvait, au moyen du mobile puissant de leur intérêt, les forcer à faire de leur métier une étude plus sérieuse ?

Il a déjà été proposé un grand nombre de systèmes de compteurs à eau ; en Angleterre surtout, il existe de nombreux appareils de ce genre ; il ne sera pas inutile de consulter ce qui a été tenté à ce sujet. Aucun de ces appareils ne paraissant résoudre d'une façon satisfaisante le problème en question, on demande un compteur qui satisfasse aux conditions ci-après :

Il devra être placé entre la pompe alimentaire qui refoule l'eau dans les chaudières et ces dernières, sans nécessiter l'adoption d'une nouvelle pompe ou d'un réservoir. Il faudra qu'il fonctionne également bien à toutes les pressions et températures usitées pour l'eau d'alimentation ; il devra, au-dessous du débit normal pour lequel il aura été établi, pouvoir enregistrer les quantités d'eau les plus variables, sans que ses indications soient moins précises. Enfin, son maniement devra être sûr, facile et à l'abri des atteintes du chauffeur.

Il devra avoir fonctionné dans la haute Alsace au moins pendant six mois, d'une manière régulière et continue. »

Conformément à ce programme, la Société de Mulhouse a, sur le rapport de son comité de mécanique, décerné une médaille d'honneur à notre collègue, M. A. Schmid, de Zurich, dont le compteur a, après des essais sérieux et prolongés, été jugé répondre aux conditions exigées.

Nous résumerons le rapport du comité dans les comptes rendus du *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, nous nous bornons pour le moment à rappeler que le compteur Schmid a pour principe l'emploi de deux cylindres à double effet dans lesquels la distribution de l'eau s'effectue pour chacun par le piston même de l'autre cylindre; ces pistons font tourner un arbre dont le nombre de tours, enregistré par un compteur, donne le volume débité; les manivelles sur lesquelles agissent les pistons sont à angle droit l'une par rapport à l'autre; les pistons, de grande longueur par rapport à leur course, contiennent des cavités en forme de lumières qui se mettent en rapport en temps voulu avec des lumières pratiquées dans les parois des cylindres, de manière à établir alternativement la communication des cylindres avec l'arrivée ou la sortie de l'eau.

On peut indiquer comme renseignement général qu'un appareil comprenant deux cylindres de 80 millimètres de diamètre, appliqué sur une conduite de 30 millimètres de diamètre, suffit pour un générateur de 100 chevaux. Les compteurs Schmid sont construits à Paris par notre collègue, M. d'Espine.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1883.

Rapport de M. Éd. Collignon sur le **frein funiculaire** de M. Lemoine.

Ce frein, largement employé à la Compagnie des omnibus, emprunte au mouvement même de la voiture la plus grande partie de sa puissance. Une corde est enroulée autour du moyeu d'une des roues, une extrémité est à la portée du cocher, l'autre s'attache aux sabots qui agissent sur les roues. Il résulte de cet arrangement, que, si la corde a été enroulée dans le sens convenable et qu'on exerce sur l'extrémité libre une traction qui la mette

en contact avec le moyeu, l'adhérence de la corde sur ce moyeu amènera un serrage énergique des sabots avec un effort très modéré,

Ce frein entre rapidement en action et cesse d'agir non moins vite, ce qui est une excellente condition, mais il n'agit pas pour empêcher le mouvement inverse de la voiture, c'est-à-dire le recul. Aussi M. Lemoine l'a-t-il complété par l'addition d'une servante ou jambe de force métallique que le cocher laisse tomber sur le sol et qui, sans opposer de résistance au mouvement direct, s'arc-boute pour empêcher le recul. Cette pièce facilite quelque peu le démarrage en ce que, lors de l'arrêt, elle soulève légèrement la caisse qui restitue ensuite un petit travail moteur, lequel soulage le coup de collier donné par les chevaux.

En dehors des omnibus et des voitures de tramways de la Compagnie générale des omnibus, ce frein est appliqué à des fardiers et chars à bœufs et a été essayé sur des affûts de canons de campagne pour réduire le recul.

Rapport de M. Troost sur **les procédés employés pour le durcissement, le polissage et la coloration des pierres calcaires tendres**, par M. L. Kessler.

Ce procédé, qui est un perfectionnement de celui qui est dû à Kuhlmann, consiste dans l'imprégnation de la pierre par une dissolution de fluosilicate terreux ou métallique, qui ne laisse dans la pierre que des composés absolument insolubles. Au contact des calcaires, dans lesquels elle pénètre avec une grande facilité, cette dissolution se décompose en donnant de la silice, du fluorure de calcium et un oxyde ou un carbonate, produits absolument insolubles, en même temps qu'il se dégage de l'acide carbonique.

Les principaux composés employés par M. Kessler sont : le fluosilicate de zinc, le fluosilicate de magnésie et surtout le fluosilicate double d'alumine et de zinc.

Si, après l'imprégnation de la pierre avec le fluosilicate double, on frotte la surface à la pierre ponce, on obtient un très beau poli; l'usure du calcaire encore humide produit une poussière qui bouche les cavités et l'addition d'une ou deux couches de fluosilicate d'alumine achève l'opération.

Si on remplace les fluosilicates incolores par des composés analogues colorés, tels que les fluosilicates de cuivre et de chrome, on obtient des colorations remarquables.

Ces procédés ont déjà reçu de nombreuses applications, notamment au nouvel hôtel des postes, à l'Opéra, à l'église d'Auteuil, à l'Hôtel de Ville, aux nouvelles constructions du quartier Marbeuf, etc.

Rapport de M. Schlemmer sur les **procédés d'exécution de la carte du Nivernais** de M. Amédée Jullien, directeur du musée de Clamecy.

Cette carte, à l'échelle de $\frac{1}{170\,000}$ est tirée à quatre couleurs. Les parties décoratives et les cartouches représentant des monuments ont été gravés à part sur cuivre; la partie noire qui figure les voies de communication, limites, etc., a été gravée sur pierre lithographique; les indications des

cours d'eau et autres ont été gravés sur zinc. Puis on a transporté toute la carte aux moyens de décalques sur quatre feuilles de zinc, une pour chaque couleur. On a ainsi réalisé pour l'impression de cette carte une économie très importante.

Rapport de M. Rossigneux sur le **Memento graphique du constructeur**, de M. Chenevier, architecte.

Il s'agit d'un petit recueil donnant sous le format le plus réduit une série de renseignements et de calculs utiles aux constructeurs, tels que les poids des fers divers du commerce, les résistances, etc.

Composition chimique et valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment, par M. Aimé Girard.

La **main-d'œuvre et les salaires en Amérique**, par M. Pidgeon (Mémoire lu à la Société des Arts, à Londres, extraits traduits par M. Éd. Simon).

Moyens de distinguer les huiles volatiles.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Février 1883.

Notice nécrologique sur M. de **Laroche-Tolay,** inspecteur général honoraire des ponts et chaussées, par M. Descombes, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite.

Considérations sur **la stabilité des voûtes en maçonnerie,** par M. Laterrade, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur part de ce point que, dans la détermination de la stabilité des voûtes, l'épaisseur n'exerce qu'une assez faible influence sur la pression à laquelle on est conduit par unité de surface. Dans les limites d'épaisseur indiquées par les formules empiriques actuellement usitées, on trouve toujours, avec la méthode de Méry, de très faibles pressions pour les faibles ouvertures et de très fortes pour les grandes ouvertures.

Les formules usuelles diffèrent notablement les unes des autres et les résultats qu'elles donnent sont souvent contredits par la pratique.

L'auteur a cherché à se rendre compte de ces anomalies, en s'appuyant uniquement sur les conditions d'équilibre telles que les indique la théorie de Méry. Il arrive aux conclusions suivantes :

1° Dans toutes les voûtes en maçonnerie de même espèce et de même forme, la surface de toute section comprise entre deux points quelconques est sensiblement proportionnelle au produit de l'ouverture par l'épaisseur à la clef;

2° La pression par centimètre carré sur un point quelconque d'une voûte en maçonnerie qui ne supporte que son propre poids sans surcharge est à peu près indépendante de son épaisseur; elle dépend presque uniquement de son ouverture à laquelle elle est sensiblement proportionnelle;

3° Il y a une limite d'ouverture à partir de laquelle il est impossible de construire une voûte dans laquelle la pression ne dépasse pas un chiffre donné;

4° Dans le cas des voûtes avec surcharge, qui est le plus ordinaire, l'épaisseur à la clef influant sur la pression moyenne beaucoup moins que l'ouverture, on ne peut pas toujours pour les grandes ouvertures diminuer la pression moyenne au-dessous de certaines limites, ou bien on n'y parviendrait qu'en adoptant des épaisseurs excessives; il en résulte qu'on se trouve conduit à adopter des épaisseurs relativement faibles pour les voûtes à grande ouverture, en sorte que ces voûtes ont nécessairement à supporter des pressions considérables et qu'on ne peut les construire que tout autant qu'on dispose de matériaux pouvant y résister.

C'est tout le contraire pour les voûtes de faible ouverture qui n'ont à supporter que des pressions réduites et pour lesquelles on peut employer des épaisseurs à la clef très inférieures à celles que donnent les formules empiriques usuelles.

Ce sont les conclusions les plus importantes du mémoire; nous renvoyons au texte pour les autres.

Théorie des **ponts suspendus américains** à tablier rigide, par M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Les ponts suspendus manquent de rigidité sous l'action des charges roulantes, aussi s'est-on préoccupé depuis longtemps de donner de la raideur à leurs tabliers; on a ainsi obtenu des ponts stables, mais n'offrant plus les avantages d'économie de construction des anciens ponts suspendus.

La théorie que donne M. Cadart pour le calcul des poutres raidissantes est indiquée dans un ouvrage de M. W. Burr, mais elle est présentée sous une forme différente et avec quelques modifications et additions.

Le principe est que, si la poutre est calculée de façon à pouvoir résister à l'action de la charge permanente et des surcharges, en la supposant soumise à une sous-pression quelconque dirigée de bas en haut et uniformément répartie sur toute la longueur, cette poutre assurera l'invariabilité de forme du câble. La valeur totale de la sous-pression a évidemment comme limite la plus grande charge qu'il soit possible de faire supporter au câble, c'est-à-dire la somme de la charge permanente et de la surcharge.

Pour réaliser la plus grande économie possible, il ne faut pas donner aux poutres un excès de résistance, il faut qu'elles ne travaillent qu'en

connexion avec le câble pour remplir le but précité, sans transmettre directement une partie de la charge aux deux appuis, à la manière d'une poutre ordinaire.

En soutenant les parties extrêmes de la poutre par des haubans, on diminue la distance des points d'appui et par suite la résistance à donner à la poutre; la longueur qui figure dans les calculs peut donc être prise un peu inférieure à l'ouverture du tablier, si les extrémités de celui-ci sont soutenues par des haubans.

Il y a grand intérêt à encastrer les poutres raidissantes à leurs extrémités; dans ce cas, les efforts tranchants et les moments fléchissants ne sont pas supérieurs en général à la moitié de ce qu'ils sont quand la poutre est simplement appuyée, et alors les efforts qu'elle a à supporter ne sont qu'une faible partie de ceux que supporterait une poutre isolée de même portée; M. Cadart a trouvé 1/7 pour ce rapport.

Machines à draguer et excavateurs employés dans l'Amérique du Nord, extrait du rapport de mission de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Ces divers appareils se rattachent à quatre types :

1° Les dragues à godets;

2° Les dragues à cuiller;

3° Les dragues à mâchoires;

4° Les dragues aspirantes.

Les premières, presque exclusivement employées en Europe, le sont très peu en Amérique. Les autres y dominent; elles ont été décrites dans le rapport de M. Malezieux et, plus récemment, dans un mémoire de M. Lavoinne, inséré dans les *Annales* (voir Comptes rendus d'avril 1880, p. 511).

L'auteur décrit comme exemple remarquable une drague à cuiller employée sur le Saint-Laurent et qui présente, sur les appareils ordinaires de ce genre, quelques perfectionnements, tels que l'emploi de la tôle pour la volée de la grue et une disposition de cette volée qui permet d'augmenter le porte à faux et, par conséquent, la distance à laquelle peut draguer la cuiller; le mode de translation du manche, qui est plus simple et plus rapide que dans les précédents appareils de ce genre.

Le mémoire donne également quelques renseignements sur un type de dragues à godets dites *Hercules*, dont quelques-unes ont été construites pour le canal de Panama. En dehors des dimensions considérables de ces appareils, on peut mentionner la division de l'élinde en deux parties articulées, ce qui permet de ne manœuvrer à la fois qu'une pièce de poids notablement moindre. Ces dragues portent deux béquilles terminées par des sabots en fonte; l'une, au centre, sert d'axe pour le papillonnage; l'autre sert pour l'avancement.

Les conclusions de M. Cadárt sont que :

La drague à godets convient pour les travaux importants et réguliers,

dans des endroits abrités et libres et pour des terrains dont la résistance n'est pas grande;

La drague à mâchoires pour des travaux importants et continus, dans des espaces non abrités ou occupés par des navires, et pour des terrains de faible résistance;

Les dragues à cuiller dans les autres cas, c'est-à-dire pour des travaux de peu d'importance, des dragages irréguliers, des terrains d'une assez grande résistance;

Enfin, les dragues aspirantes, dans les cas particuliers de vase fluide ou de sable fin.

Notice sur le **tracé des raccordements circulaires** dans les opérations sur le terrain, par M. Démétrius Ghedeon, ingénieur et architecte à Constantinople.

Observations sur la **construction des ascenseurs hydrauliques**, par M. Le Chatelier, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur propose de multiplier le nombre des presses hydrauliques pour en réduire le diamètre et, pour obtenir ce qu'il appelle la stabilité de marche, de les atteler, non plus sur le fond du sas, mais aux extrémités d'une traverse formant la partie supérieure d'un cadre, qui emboîte le sas dans le milieu de sa longueur. Il résulte de cet arrangement qu'une différence de mouvement des deux presses ne peut produire qu'un déversement dans le sens transversal, ce qui est bien moins grave que dans le sens longitudinal, et que les presses peuvent être relevées au-dessus du sol, ce qui dispense de fondations profondes et les rend plus accessibles.

Nouveau système de **plans inclinés pour bateaux**, note par M. Peslin, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

C'est un sas mobile en tôle pouvant recevoir les bateaux flottants; le poids en serait en charge de 600 tonnes; le sas serait divisé en cinq parties, portées chacune sur quatre trucks à quatre roues. Ces parties seraient réunies par des joints élastiques et flexibles dont l'auteur propose diverses dispositions. La pente serait de 5 pour 100; la traction se ferait par un câble en acier passant sur une poulie à gorge et se rattachant de l'autre côté à un contrepoids ou à un second sas semblable au premier.

La jonction des sas mobiles et des biefs se ferait comme pour les ascenseurs hydrauliques du genre de celui d'Anderton ou des Fontinettes.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST

Séance du 12 *Janvier* 1885.

Communication de M. Sarran sur l'**emploi de la dynamite dans un accident de sondage**. — On pratiquait un sondage à Notre-Dame-de-Vaux (Isère) en août 1883 et on avait atteint dans des bancs de calcaire dur la profondeur de 55^m,60 sur 0^m,39 de diamètre, lorsque la sonde se coinça dans le trou et, les efforts faits pour la retirer ayant échoué, on se décida à employer la dynamite pour la rompre.

On a descendu deux cartouches de dynamite n° 1 enveloppées dans de la baudruche; il y avait une charge de 30 mètres d'eau; l'explosion ne produisit aucun effet; on porta la charge suivante à 700 grammes et on mit le feu par l'électricité avec des conducteurs enveloppés de gutta-percha. Une première rupture de la sonde se produisit et une seconde charge de 650 grammes enfermée dans une boîte de fer-blanc acheva la rupture du trépan. Néanmoins il fallut une dernière charge de 600 grammes pour détruire la lame après tubage du trou sur 90 mètres pour empêcher les éboulements qui devenaient gênants. On enleva ensuite les fragments avec des pinces.

Communication de M. Marsaut sur le **Detector Garforth pour reconnaître le grisou**. — Cet appareil consiste en un petit ballon en caoutchouc en forme de poire avec un col terminé par un ajutage en bronze; en serrant le ballon avec le pouce on chasse l'air qui peut être remplacé par le grisou aspiré dans les cavités du toit des galeries, dans les crevasses ou autre point quelconque.

On apprécie la nature de l'échantillon ainsi recueilli en le faisant brûler dans une lampe de sûreté par un tube en fer blanc de faible section traversant le réservoir à huile et débouchant dans la lampe à côté du porte-mèche. Cet appareil est très simple et très portatif.

On a pu constater par des expériences que sur 28 cas le *detector* avait montré 28 fois la présence du grisou sortant des crevasses du toit, tandis que la lampe Davy de petite dimension n'avait donné que 11 fois des indications.

Communication de M. Bonnes sur l'**emploi de l'injecteur pour les**

épreuves de chaudières. — On a constaté qu'au moyen d'une chaudière à N kilogrammes de pression, on peut, par l'intermédiaire d'un injecteur, obtenir dans une deuxième chaudière à froid une pression de 2 N kilogrammes, et par conséquent faire l'épreuve exigée par l'administration sans le secours d'une pompe.

La communication dont il s'agit rend compte de ce fait en s'appuyant sur le principe du phénomène de la double pression, exposé dans l'ouvrage de M. Piarron de Montdesir intitulé : *Dialogues sur la Mécanique.*

Communication de M. Villot sur le **Calorimètre Thompson.** — Cet appareil est employé assez couramment et depuis longtemps, paraît-il, en Angleterre, pour la détermination du pouvoir calorifique des combustibles.

Cet appareil comprend un tube à combustion dans lequel on introduit 2 grammes du combustible à essayer réduit en poudre fine avec huit à douze fois ce poids de chlorate et d'azotate de potasse; on y met le feu avec une mèche; on recouvre le tube d'un cylindre creux percé de trous à la partie inférieure et portant à la partie supérieure un tube à robinet, et on plonge le tout dans une éprouvette pleine d'eau dont on a pris la température. Les gaz se dégagent par les trous du bas et traversent l'eau qu'ils échauffent. Quand la déflagration est terminée, on ouvre le robinet, l'eau monte dans le tube et dissout les sels alcalins; on agite l'eau et on note la température. L'opération dure au plus cinq minutes.

L'auteur recommande d'ajouter au résultat 10 pour 100 pour tenir compte de certaines pertes. Cet appareil paraît donner des résultats assez exacts dans la pratique; le procédé a en tout cas l'avantage d'être rapide et peu délicat à employer.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 7 *Mars* 1885.

Communication de M. Clerc sur **le dosage du carbone dans les fers, fontes et aciers.** — Le procédé qui fait l'objet de cette communication repose sur le principe de la mise en composés volatils des corps à doser et l'absorption de ces composés par des liqueurs convenablement colorées. Le dosage du carbone s'effectue à l'état d'acide carbonique dans une liqueur potassique avec addition de manganate de potasse que l'acide carbonique transforme, dès que toute la potasse est saturée, en permanganate, en produisant un changement de couleur des plus nets.

Ce procédé donne des résultats qui se rapprochent beaucoup de ceux du procédé de Boussingault, mais restent toujours au-dessus.

M. Clerc ajoute qu'il a étudié avec soin la méthode indiquée par M. Rollet pour le dosage du manganèse et signale à ce sujet la difficulté qu'il y a à avoir toujours le même volume du liquide d'attaque; si ce volume est trop grand, autrement dit si la liqueur n'est pas assez concentrée, on n'a plus la certitude d'obtenir tout le manganèse, on est même exposé à en laisser la plus grande partie dans le liquide. Cette difficulté oblige à quelques précautions.

Communication de M. Simon sur des **Essais sur la faculté explosive des poussières de charbon.** — C'est la traduction d'un article paru dans le journal allemand *Gluckauf* et relatif aux premières expériences faites par la commission prussienne du grisou sur le rôle des poussières charbonneuses dans les explosions.

Les essais dirigés par M. Hilt, d'Aix-la-Chapelle, ont été faits dans une galerie d'épreuve près de Saarbruck; cette galerie a 50 mètres de longueur et on peut y amener du grisou du fond et y faire détoner des poussières de houille répandues sur le sol au moyen de coups de mines tirés avec des boites en fonte. Des fenêtres spécialement disposées et garnies de verres épais permettent d'observer les phénomènes qui se produisent. Il est bien entendu que la galerie est fortement blindée avec des madriers retenus dans des cadres de fer. L'allumage se fait par l'électricité.

M. Hilt vient de publier un premier rapport qui n'est pas définitif, les expériences n'étant pas encore terminées. Il semble résulter de celles-ci que la présence de poussières charbonneuses allonge la flamme des coups de mine, qu'il y ait ou non du grisou, mais que la présence du grisou les allonge considérablement; il existe toutefois des poussières qui, une fois enflammées par le coup de mine, continuent à brûler bien au delà du point où cessent les poussières et peuvent donner lieu à de nouvelles explosions sans qu'il y ait trace de grisou. La combinaison du grisou avec les poussières, même en quantités minimes pour les deux, produit de véritables explosions et des accumulations isolées de grisou, très éloignées les unes des autres, peuvent faire explosion sous l'influence des poussières, quand même le premier foyer d'explosion ne renferme pas de grisou.

Communication de M. Chansselle sur la **lampe de sûreté système Fumat.**

Il s'agit de deux modifications récemment apportées à sa lampe par M. Fumat et destinées à l'empêcher de s'éteindre dans les courants d'air inclinés. Ces modifications permettent d'aller partout avec la lampe sans crainte d'extinction.

Prix Montyon des Arts insalubres, décerné à la **lampe Marsaut.**

Communication de M. Buisson sur **la soupape de sûreté à courant séparé** de MM. Castelnau et Michelet.

Le principe consiste à faire agir la vapeur sur un piston maintenu par un ressort et dont le mouvement déplace un autre piston qui découvre des orifices par lequel la vapeur s'échappe jusqu'à ce que la réduction de pression permette au ressort de ramener les pistons en arrière et de refermer les orifices de sortie. C'est le principe des détendeurs de vapeur appliqué aux soupapes de sûreté. Ce principe est bon, mais, comme on l'a fait remarquer à la réunion, il est à craindre que la grande étendue des surfaces de frottement amène des résistances anormales qui se traduiront par des retards dans le fonctionnement de la soupape.

Communication de M. Brustlein sur **l'emploi de la vapeur pour la distribution dans les villes de la chaleur et de la force motrice.**

Il a été déjà fait diverses applications aux États-Unis et la ville de New-York a concédé à une compagnie le droit d'établir des canalisations pour distribuer de la vapeur sous pression. Cette compagnie se propose d'établir dix stations centrales et on a commencé par en établir une.

La grande question était la perte de charge dans les conduites; on a fait des expériences d'après lesquelles on n'aurait que $0^{kg}150$ à $0^{kg}200$ de perte par kilomètre. Il y a 7 kilomètres de conduites posées; elles varient de $0^m,400$ à $0^m,150$ de diamètre; elles sont installées entre deux murs en briques, laissant autour des tuyaux un intervalle de $0^m,300$ à $0^m,150$ rempli de laine minérale. On a ménagé à des intervalles de 15 à 30 mètres des joints de dilatation. Le retour de l'eau de condensation se fait par des tuyaux de plus petit diamètre également enveloppés de matière isolante.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Janvier-Février-Mars 1883.

Étude sur les **moyens de combattre l'excès de chaleur dans les ateliers**, par M. Édouard Deny.

Cet important mémoire a particulièrement en vue les ateliers à rez-de-chaussée et les ateliers mansardés des bâtiments à étages, que leur orientation, le développement considérable de la surface vitrée ou l'inclinaison des vitrages, expose plus particulièrement à l'action solaire pendant les mois d'été.

Après avoir établi quelques données sur l'époque et la durée des grandes chaleurs, l'auteur calcule le rafraîchissement à produire pour empêcher la température intérieure d'un atelier de devenir intolérable, calcul qui comprend l'étude des causes d'échauffement de l'enceinte; puis il passe à l'exa-

men des moyens de rafraîchissement dont on dispose, l'envoi dans l'enceinte : 1° d'air simplement pris à l'extérieur, cas le plus général de la ventilation ; 2° d'air pris à l'extérieur et refroidi par contact avec de l'eau froide; 3° d'air pris à l'extérieur et refroidi par son passage dans des galeries ou caves en sous-sol.

Ces moyens sont totalement insuffisants.

Le mémoire étudie ensuite le rafraîchissement par des tuyaux parcourus par un liquide froid, procédé analogue au système de chauffage, mais inverse; ce liquide circulera à l'aide d'une pompe, ce sera de l'eau soit à la température ordinaire, si on en a une source à peu près indéfinie, soit de l'eau refroidie artificiellement par de la glace ou autrement. Vient alors l'examen des divers appareils à produire le froid et la détermination des dimensions à leur donner. Voici les curieuses observations qui terminent cet intéressant travail.

« La glace est du froid accumulé sous forme solide que la nature nous offre partout (dans nos climats du moins) en hiver; il suffit de la recueillir pour avoir du froid en réserve pour l'été. Si l'on compare sa facilité d'extraction à celle de la houille, on conviendra que, dans une exploitation bien entendue, le prix de revient de la glace par rapport à celui de la houille doit être très inférieur, malgré le déchet qu'on éprouve dans sa conservation; et, comme une grande glacière ne demande pas des frais considérables d'établissement et d'entretien, son amortissement, pouvant s'étendre sur une longue série d'années, ne doit grever le prix de revient final de la glace au moment de son emploi que d'une quantité assez minime; de sorte que la glace devrait et pourrait être une substance très usuelle et non une matière de luxe en été et devrait être employée pour tous les rafraîchissements à produire en été pendant les grandes chaleurs. »

Examen du **phénomène de l'ébullition retardée de l'eau** au point de vue de sa production dans les générateurs industriels, par M. Walther-Meunier.

On se rappelle que M. le commandant Trèves avait appelé l'attention de l'Académie des sciences sur la production des explosions de chaudières par la surchauffe de l'eau à une température supérieure à celle correspondant à la pression. Il a été fait des expériences qui semblent avoir indiqué que cette surchauffe ne se produit pas, à moins que ce ne soit dans des circonstances particulières qu'on n'a pas réussi à faire naître (voir comptes rendus de septembre 1884, page 302).

Notre collègue, M. Walther-Meunier, indique les expériences faites à diverses époques sur le sujet de la surchauffe de l'eau et conclut également à l'impossibilité de la production de la surchauffe. Les explosions de chaudières sont donc, sauf des cas très exceptionnels, dues à des causes connues et il n'est pas besoin de faire intervenir le phénomène en question.

Note sur **l'installation des chaudières, machines et pompes** du service d'eau de la ville de Colmar, par MM. Burghardt frères.

L'installation du service est basée sur un volume de 240 litres à fournir par tête à 25 000 habitants, soit un volume total de 6 000 mètres cubes par jour. L'eau est prise à 3 kilomètres de la ville, dans un puits creusé à 7 mètres de profondeur. On a dû établir un château d'eau dont l'arête supérieure est à 42 mètres au-dessus du sol; c'est un réservoir en tôle de 12^{m},30 de diamètre sur 9 mètres de hauteur, qui contient 1 200 mètres cubes, soit 1/5 du volume à fournir par les pompes en 24 heures. La différence de niveau entre les puits et le réservoir est de 47^{m},70.

A la suite d'un concours auquel prirent part quatorze concurrents, MM. Burghardt frères furent chargés de l'installation des appareils mécaniques qui fonctionnent depuis le 1er juin 1884.

Il y a deux chaudières à bouilleurs de 87 mètres carrés chacune, y compris 48 de réchauffeurs, timbrées à 6 1/2^{ks}.

Les machines sont au nombre de deux, à un cylindre chacune; elles sont horizontales et accouplées, la distribution est du système Colmann, à soupapes accompagnées; les cylindres ont des enveloppes de vapeur à circulation.

Les condenseurs et les pompes à air sont en contre-bas; celles-ci verticales sont commandées par un balancier d'équerre actionné par la tige du piston sortant par le fond arrière du cylindre. Chaque machine a un régulateur à grande vitesse agissant directement sur la distribution.

Les pompes du type Girard à deux corps pour un plongeur sont actionnées par le prolongement de la tige du piston à vapeur, prolongement qui commande le balancier des pompes à air.

Les clapets sont du système Thometzek en fonte garnis de caoutchouc portant sur sièges en fonte; il y en a trois superposés par soupape, la levée n'est que de 8 millimètres.

Un réservoir d'air, en tôle de 10 millimètres, régularise l'écoulement et prévient les chocs.

La grande conduite a 0^{m},350 de diamètre et 3 000 mètres de longueur jusqu'au château d'eau.

Voici les dimensions principales des appareils :

Diamètre des cylindres	0^{m},450
Course des pistons	0^{m},800
Nombre de tours par minute, de	13 à 35
Diamètre du volant	4 mètres
Poids du volant.	6 000 kilogrammes
Diamètre des plongeurs des pompes.	0^{m},255

Le rendement des pompes a été trouvé en volume de 0,98, chiffre élevé qui tient au parfait fonctionnement des clapets.

Dans un essai de 6 heures 24 minutes, on a trouvé sur les machines un travail indiqué de 38,2 chevaux pour l'une et 40,2 pour l'autre, total 78,4, le travail en eau élevée ayant été de 60,5 chevaux, le rapport du travail en eau

élevée au travail indiqué, est de 0,77. La consommation de vapeur a été de 8kg 504 par cheval indiqué et par heure et la consommation de charbon de 0kg 398 de houille brute par mètre cube d'eau élevée à 57m,240 de hauteur.

Note sur l'**acide pyridinodicarbonique**, par MM. Noelting et Collin.

Note sur la **formation du bleu au moyen de la rosaniline**, par MM. Noelting et Collin.

Note sur les **azylines**, par M. Noelting.

Note sur **la transformation directe des amines primaires en phénols mononitrés**, par MM. Noelting et Witel.

Note sur les **combinaisons orthoamidoazoïques**, par MM. Witt et Noelting.

Études sur la **nitration dans des conditions d'expériences différentes**, par MM. Noelting et Collin.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — 7 *Mars* 1885.

Machine à renversement de marche à cylindre de 1m,100 de diamètre et 1m,250 de course, par A. Trappen.

Ponts. — Note sur le calcul statique des systèmes articulés.

Groupe de Siegen. — Influence de la prise des gaz sur la marche des hauts fourneaux. — Épreuve des câbles de mines.

Bibliographie. Théorie des machines à gaz, de C. Fink. — Mémorial de l'inauguration de l'école technique supérieure de Berlin.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Production des mines, salines et usines de Prusse en 1883. — Production de fonte en Prusse en 1883.

N° 14. — 4 *Avril* 1885.

Fabrication des vis de Herm. Fischer (*fin*).

Ventilateur de C. Schiele, par R. R. Werner.

Profil des cylindres pour les types normaux de matériel des chemins de fer de l'État prussien.

Groupe de Bergues. — Acide carbonique liquide.

Groupe de Saxe. — Surchauffe dans les chaudières à vapeur. — Construction des soupapes de sûreté.

Association des chemins de fer.—Superstructure en France et en Angleterre. — Le tunnel sous la Severn. — Pare-étincelles pour locomotive, de Bromberg.

Patentes.

Bibliographie. — Théorie pratique des turbines et pompes centrifuges, de G. Hermann. — Annuaire de chimie technologique pour 1883-84 du Dr R. Biedermann. — Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Statistique de l'administration allemande des brevets d'invention. — Accidents dans l'exploitation des mines. — Procédé Bessemer aux États-Unis.

N° 15. — 11 *Avril* 1885.

Distribution d'eau de la ville de Barmen, par Herm. Glass.

Exploitation des mines, salines et usines en Prusse en 1883.

Calcul des crochets de chaînes, de Rud. Bredt.

Machines à travailler le bois.

Groupe du Hanovre. — Études sur les chemins de fer d'intérêt local, et en particulier sur celui d'Altona à Altenkirchen.

Groupe du Rhin inférieur. — Proportions et résultats des types les plus récents de bateaux à vapeur pour navigation fluviale. — Résolution des groupes de Francfort et de Cologne. — Propositions relatives aux paragraphes 30 à 34 des statuts.

Patentes.

Bibliographie. — Instructions pratiques pour les consommateurs de gaz, de Salomons, traduction allemande de F. Lux. — Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Chaudières à vapeur à Hambourg.

N° 16. — 18 *Avril* 1883.

Convocation de la vingt-sixième assemblée générale de l'Association.

Éducation pratique de l'ingénieur-mécanicien.

Distribution d'eau de Barmen, par Herm. Glass (*suite*).

Danger des poussières de charbon daus l'exploitation des houillères, par C. Hilt.

Ponts. — Détermination des portées des travées. — Résistance des assemblages par rivets. — Réparation du pont de l'Alleghany. — Pont sur la Moselle à Boulay.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Taille des verres d'optique. — Méthode graphique pour le calcul des régulateurs.

Groupe de Berlin. — Situation de l'industrie sucrière. — Chemin de fer à navires à travers l'isthme de Téhuantépec.

Groupe de Saxe-Anhalt.

Patentes.

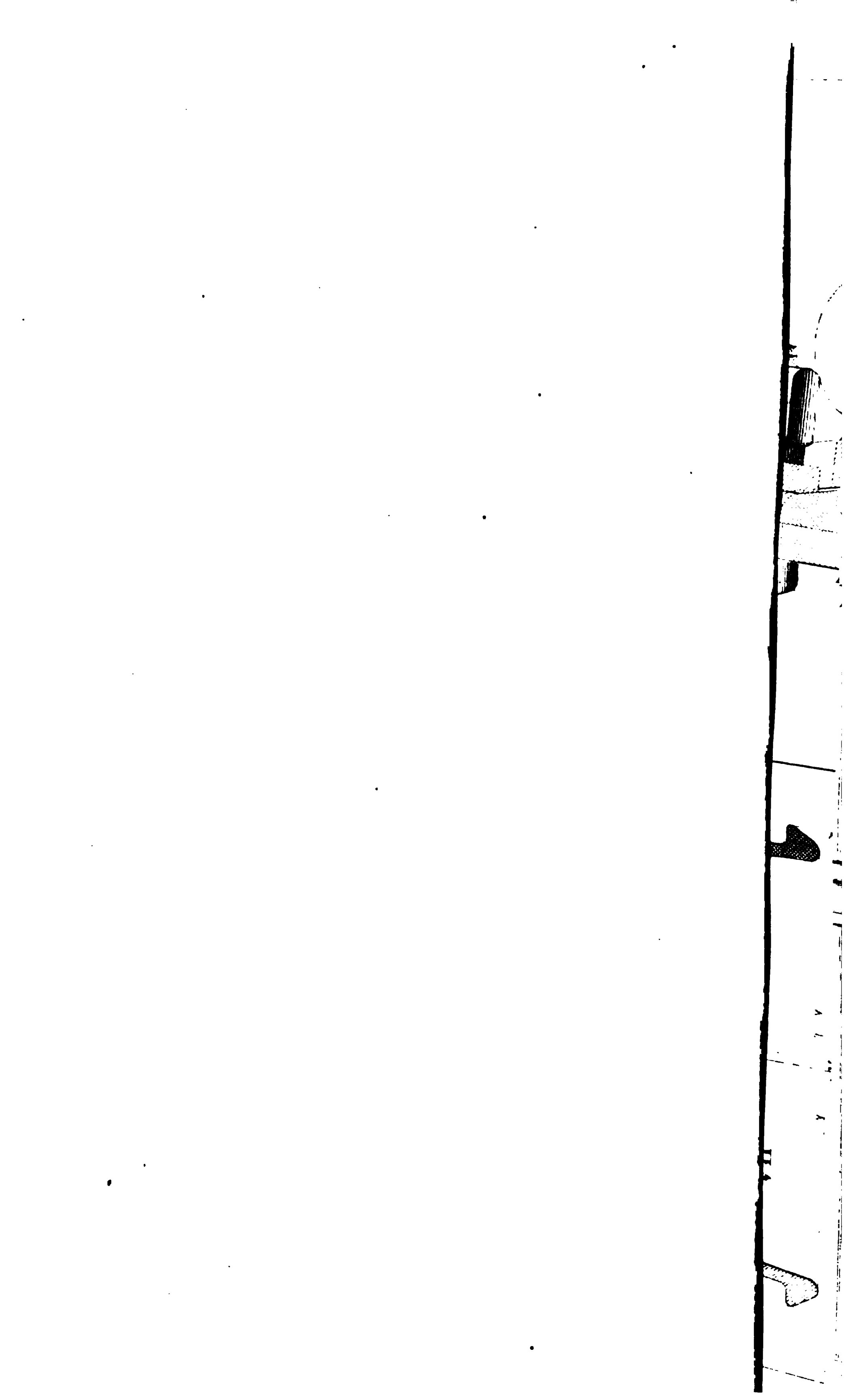
Bibliographie. — Essais sur divers procédés d'épuration des eaux de fabrication des sucreries.

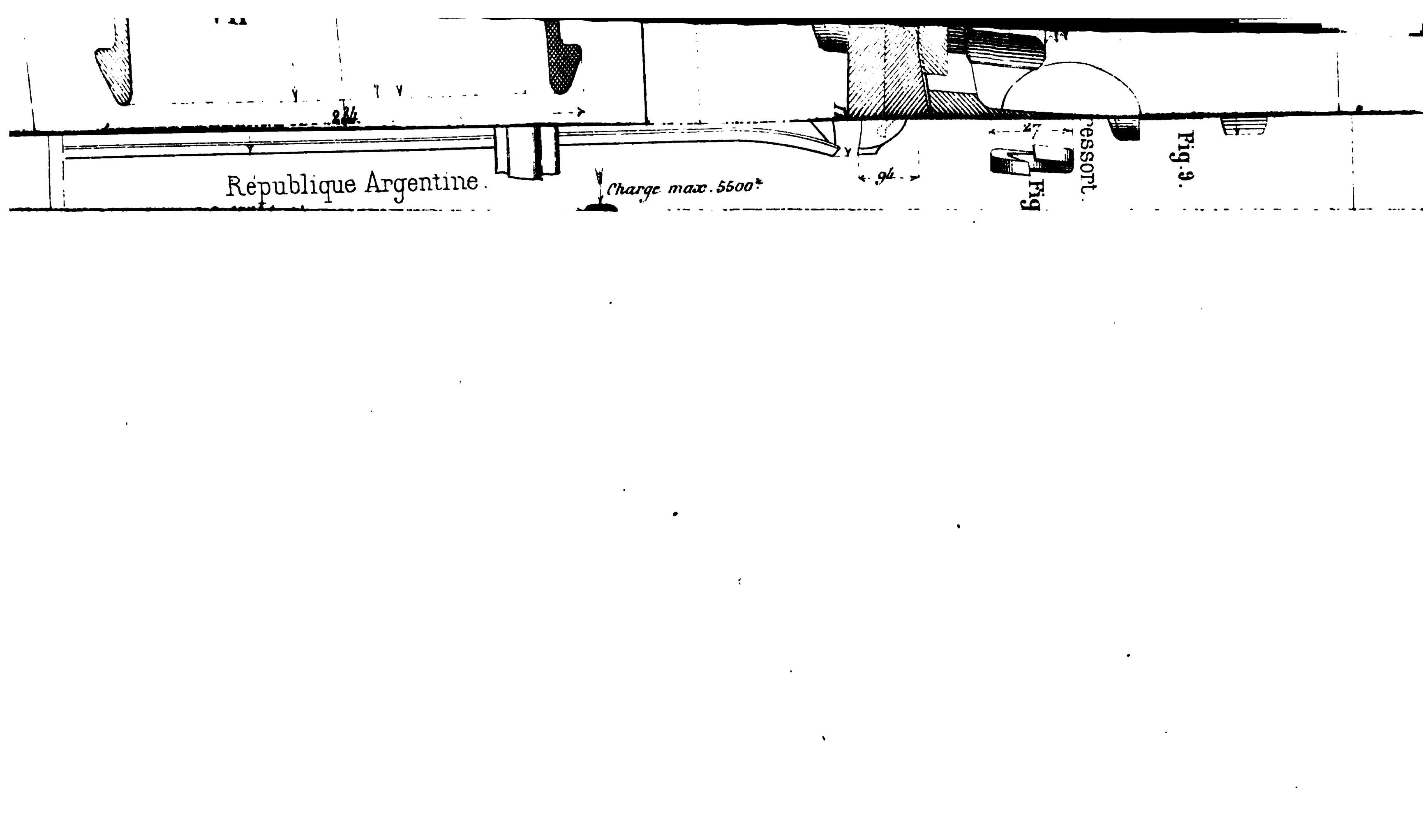
Variétés. — Exposition générale de l'industrie allemande en 1885. — Prix de revient des fontes brutes. — Éclairage électrique des trains de chemins de fer. — Niveau de poche de Bohne.

Le Secrétaire-Rédacteur,

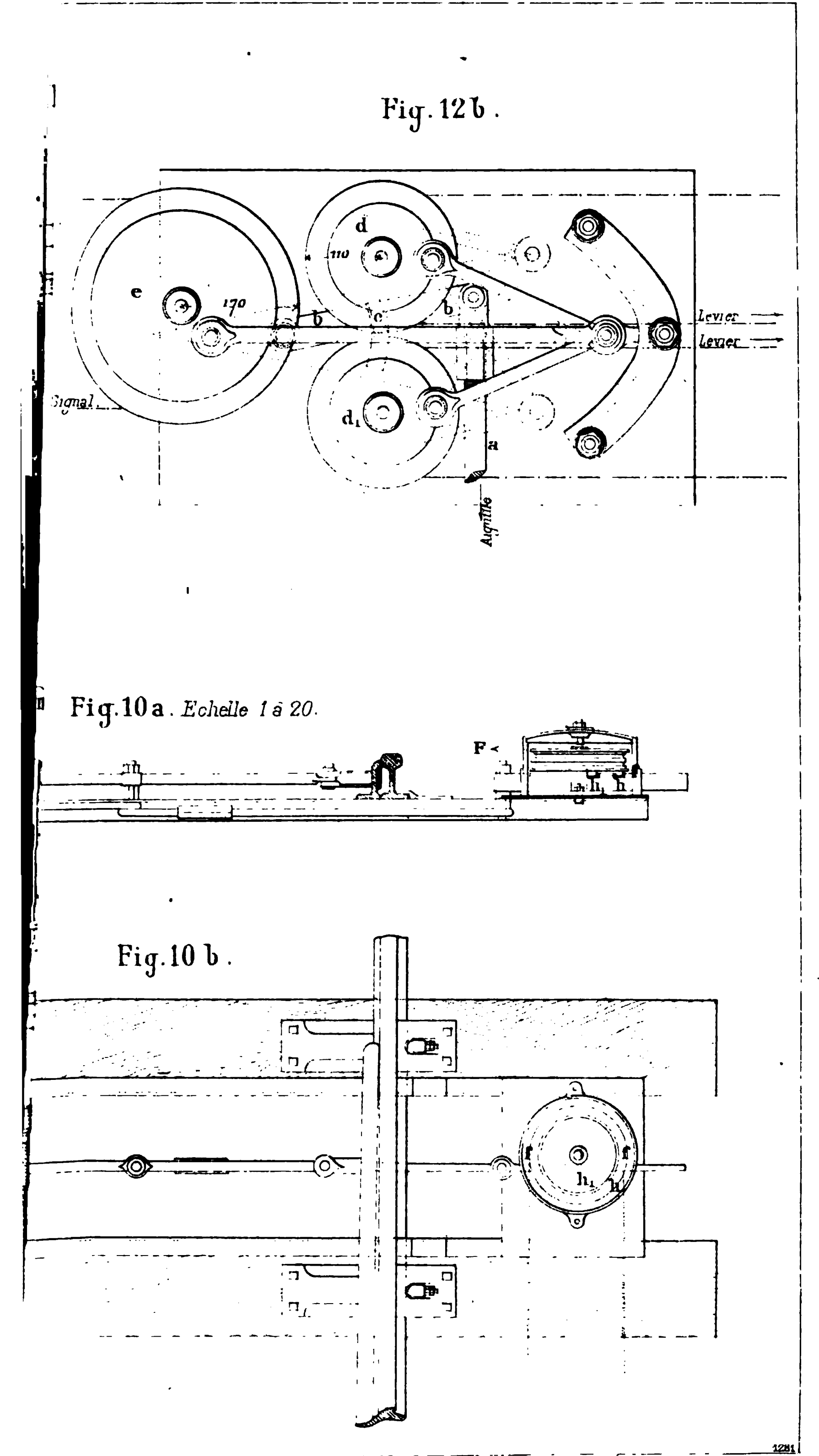
A. MALLET.

PARIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.




République Argentine.
Charge max. 5500k
ressort.
Fig
Fig.9.

Fig



1281
Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1885

N° 5

Sommaire des séances du mois de Mai :

1° Lettres de remerciements de MM. Laussedat et Hervé-Mangon, au sujet de leur nomination comme membres honoraires (séance du 8 mai, page 603).

2° Communications de M. Frédéric Bömches sur les *Travaux du nouveau port de Trieste*, (séance du 8 mai, pages 603 à 605).

3° Communication de M. Eiffel, sur la *coupole destinée à l'Observatoire de Nice*. Invitation à la Société, en son nom et en celui de M. Bischoffsheim, de venir visiter cet appareil dans les ateliers de Levallois-Perret (séance du 8 mai, pages 606 à 608).

4° Discussion sur le projet de *Colonne-Soleil*, de M. J. Bourdais (*éclairage électrique*, par M. Sébillot), et sur celui de *Tour colossale en fer*, de M. G. Eiffel (séance du 8 mai, pages 608 à 623).

Détail de cette discussion : Observations présentées par M. Lavezzari, pages 608 à 619. — Réponse de M. Bourdais, pages 619 à 623.

5° Lettre de M. A. Bougault, au nom de M. le colonel de Bange, pour inviter la Société à venir visiter dans les ateliers du quai de Grenelle, le canon de 340 millimètres du système de Bange (séance du 8 mai, page 623).

6° Lettre de M. Léon Thomas sur la question de l'*Utilisation des eaux d'égoût* et de l'*Assainissement des eaux de la Seine* (séance du 22 mai, page 625).

7° Lettres de remerciements de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps, au sujet de leur nomination comme membres honoraires (séance du 22 mai, page 626).

8° Lettre de M. Eugène Péligot, remerciant la Société de sa participation à la souscription ouverte pour élever une statue à Nicolas Leblanc (séance du 22 mai, page 627).

9° Circulaire de M. le Ministre de l'Instruction publique, invitant la Société à préparer dès à présent, en ce qui la concerne, le Programme du congrès des sociétés savantes en 1886 (séance du 22 mai, page 627).

10° Désignation de MM. Carimantrand, Cotard, Fleury et Douau, comme délégués de la Société au premier congrès international de navigation intérieure, tenu à Bruxelles du 24 mai au 2 juin (séance du 22 mai, page 628).

11° Présentation par M. W. Nordling de son ouvrage sur le *Prix de revient des transports par chemin de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche* (séance du 22 mai, pages 628 à 630).

12° Incident relatif à la mort de Victor Hugo : paroles de MM. Gallaud et de Comberousse (séance du 22 mai, pages 630 et 631).

13° Suite de la discussion sur le projet de *Colonne-Soleil* de M. J. Bourdais (éclairage électrique par M. Sébillot) et celui de *Tour colossale en fer* de M. G. Eiffel (séance du 22 mai, pages 631 à 660).

Détail de cette discussion : Observations présentées par M. Benoit-Duportail, pages 631 à 640. — Observations présentées par M. Cornuault, pages 640 à 644. — Réponse de M. Sébillot, pages 645 à 650. — Observations de MM. Eiffel, Bourdais, Cornuault et Dallot, pages 650 à 656. — Observations présentées par M. Bodin, pages 656 à 658. — Remarques de MM. Eiffel, Bodin, Dallot, Contamin et Sébillot, pages 658 à 660.

Pendant le mois de mai, la Société a reçu :

De M. l'amiral Pâris, membre honoraire de la Société, un exemplaire d'une collection de photogravures, d'après les dessins de François Roux, sur la *Marine française de 1792 à nos jours ;*

De M. Duroy de Bruignac, membre de la Société, une étude sur les *Hélices propulsives ;*

De M. Max de Nansouty, membre de la Société, de la part de M. Camuset, une note sur la *Désinfection et l'enlèvement des matières excrémentielles.*

De la Chambre syndicale métallurgique de Lille, un exemplaire des

Observations présentées par la Chambre à MM. les députés, sur la situation de l'industrie française dans le nord de la France ;

De M. Lucas, membre de la Société, un exemplaire du *Compte rendu de la septième conférence générale de l'Institut royal des architectes britanniques.* — Notes de voyage et rapports, 1884-1885, par M. Ch. Lucas ;

De M. Enrico Manara, inspettore nel genio civile, direttore generale delle opere Idrauliche, un exemplaire du mémoire *del Lorgna dello stratico et del Boscovich sull' Adige et Brenta ;*

De M. Vauthier, membre de la Société, deux exemplaires de sa communication faite à Blois en août 1884, au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, sur l'*Entraînement et le transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers ;*

De M. Léon Thomas. membre de la Société : 1° Un exemplaire des numéros des 20 août 1884, 20 janvier et 20 avril 1885, de la *Revue d'hygiène et de police sanitaire ;* 2° Un exemplaire du *Bulletin mensuel de la chambre syndicale des produits chimiques*, des mois de mars et avril 1885 ; 3° Quatre exemplaires du *Rapport et délibération de la chambre syndicale des produits chimiques* sur les projets de la ville de Paris sur l'épandage des eaux d'égoût et l'évacuation des vidanges ;

De M. Bernard, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur une nouvelle traverse métallique ;*

De M. Deperais, membre de la Société, deux exemplaires d'une brochure intitulée : *Proposta di utilizzare per l'alimentazione degli uomini e degli animali domestici il sangue che si raccoglie nei pubblici macelli ;*

De M. Rosse E. Browne, ingénieur, un exemplaire d'une note intitulée : *Water Meters, comparative tests of accuracy, delivery, etc. Distinctive Features of the Worthington Kennedy Siemens and Hesse Meters.*

Les Membres nouvellement admis sont :

Membres honoraires :

MM. Janssen, présenté par MM. Loustau, Reymond et Émile Trélat.
Ferdinand de Lesseps, présenté par MM. de Comberousse, Desgrange et Ivan Flachat.

Membres sociétaires :

MM. Barlet, présenté par MM. Fraix, Hauet et Jury.
Belbezet, — Aulanier, Brulé et Durand.
Duplaix, — de Comberousse, Contamin et Forest.
Netter, — de Comberousse, Desgrange et Polonceau.
Pignant, — de Clercq, Desmaret et Groselier.
Steinheil, — de Comberousse, Rey et Vallot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1885

Séance du 8 Mai 1885.

Présidence de M. de Comberousse.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 24 avril est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer à la Société le décès de M. Vandermeylen, un de nos confrères belges.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale :

Un exemplaire de la collection de photogravures publiée par M. l'amiral Pâris, membre honoraire de la Société, sur *la Marine française, de* 1792 *jusqu'à nos jours;*

Un mémoire de M. Duroy de Bruignac, membre de la Société, sur *les Hélices propulsives;*

Une note de M. Camuset, présentée par M. Max de Nansouty, membre de la Société, sur *la désinfection et l'enlèvement des matières excrémentielles;*

Un exemplaire du compte rendu de la septième conférence générale de l'Institut royal des architectes britanniques, par M. Lucas, membre de la Société;

Un exemplaire des *Observations présentées à MM. les Députés*, par la Chambre syndicale métallurgique de Lille, *sur la situation de l'industrie française dans le nord de la France.*

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

M. le Président rappelle que, dans sa dernière séance, la Société a admis, comme membres honoraires : M. le colonel Laussedat, directeur du Conservatoire national des arts et métiers, et M. Hervé Mangon, de l'Académie des sciences. Nos deux nouveaux collègues ont été très touchés du

vote de l'Assemblée, et M. le Président demande la permission de donner connaissance de leurs lettres de remerciement.

M. le colonel Laussedat nous écrit :

« Paris, le 29 avril 1885.

« Monsieur le Président,

« J'ai reçu, avec un sentiment de vive gratitude, l'avis de ma nomination en qualité de membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils. Je vous prie de vouloir bien agréer mes sincères remerciements et de les faire agréer par vos collègues, désormais les miens.

« Permettez-moi d'ajouter, monsieur le Président, que je serai très heureux de suivre vos travaux, autant que me le permettront mes propres occupations, et, dans tous les cas, d'applaudir au succès d'efforts considérables dont, je le sais, le premier mobile est le patriotisme.

« Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de mon dévouement pour la Société des Ingénieurs civils et, pour vous, celle de ma haute considération.

« A. Laussedat. »

M. Hervé Mangon, à son tour, nous remercie en ces termes :

« Paris, le 30 avril 1885

« Monsieur le Président,

« Vous avez bien voulu m'informer, par votre lettre du 28 courant, que, dans sa séance du 24 de ce mois, la Société des Ingénieurs civils m'a fait l'honneur de me nommer l'un de ses membres honoraires.

« Je vous prie d'exprimer à la Société ma profonde reconnaissance et de lui dire combien je suis touché, jusqu'au fond du cœur, de ce témoignage de son estime.

« Comme vous le dites si justement, monsieur le Président, des liens nombreux m'ont toujours attaché à vous; et je suis plus heureux que je ne saurais le dire d'appartenir désormais à la grande et noble famille du génie civil.

« Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus dévoués.

« Hervé Mangon. »

La Société peut être satisfaite de ces témoignages si chaleureux et si sincères de la part des deux hommes éminents qu'elle vient d'élire.

L'Assemblée aura à voter, à la fin de la séance, sur l'admission de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps, comme membres honoraires.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Frédéric Bömches sur les *Travaux du nouveau port de Trieste*. M. Bömches a la parole.

M. Bömches demande à la Société la permission de l'entretenir, en peu

de mots, des travaux du nouveau port de Trieste, actuellement achevés.

Il rappelle qu'il a publié dans le quatrième Bulletin de l'année 1877 une note, avec planches, contenant la description détaillée de ces travaux, alors en plein cours d'exécution, et résume les conditions principales de l'établissement du port, déjà données dans cette note.

M. Bömches croit devoir insister spécialement sur les difficultés réellement exceptionnelles rencontrées lors des fondations des murs de quai. Le fond de la mer est constitué, à Trieste, par une couche vaseuse de marne dissoute, explorée jusqu'à 20 mètres de profondeur. Les parties supérieures sont noirâtres et liquides, puis viennent des couches plus consistantes, et enfin, aux limites des sondages, on rencontre des argiles plus ou moins compactes contenant des traces de sable. La profondeur à laquelle se trouve le terrain solide n'a pas été reconnue. La surface de cette vase s'étale en pente douce vers la mer, mais l'expérience acquise pendant la durée des travaux a démontré d'une manière incontestable que, dans les temps reculés, le fond de la mer a dû présenter un certain nombre d'entonnoirs de forme irrégulière, qui ont été remplis après coup par les deux torrents aboutissant au port.

Cette situation topographique était inconnue au début des travaux ; elle explique les énormes mouvements qui se sont produits sous la charge des enrochements, des murs de quai et des remblais des môles : à plusieurs reprises, des cubes de 8 à 12 000 mètres se sont enfoncés dans l'espace de trente-six heures, les murs de quai défoncés par la poussée et le tassement ont dû être reconstruits sur presque toute leur longueur, et, en certains endroits, il a même fallu recommencer les travaux une troisième fois.

Aujourd'hui que l'ouvrage est terminé, on peut porter un jugement définitif sur la valeur du système employé, dans ces conditions particulières, pour l'établissement des fondations. Le dragage préalable d'une large cunette dans laquelle se trouve encaissé un solide enrochement, le remblayage des massifs des môles ou quais *avant* l'exécution des murs d'enceinte, et enfin, la construction de ces murs après que les principaux effets de tassement et de poussée avaient eu le temps de se produire, ont parfaitement réussi à triompher de toutes les difficultés. La partie noyée des murs, de 6 mètres de hauteur, est construite en gros blocs artificiels, cubant 10 à 11 mètres, maçonnés en moellons calcaires avec mortier de chaux hydraulique du Theil.

On voit que la lenteur même d'exécution a joué un rôle important, car elle permettait aux terrains de trouver leur équilibre avant l'achèvement définitif des travaux ; lorsqu'il s'est agi de draguer les bassins à la profondeur voulue, on s'est inspiré du même principe, en n'enlevant que successivement, par tranches, les vases soit anciennes, soit refoulées par les travaux, afin de troubler le moins possible cet équilibre. La cote de 8^{m},50 de profondeur n'a été atteinte qu'au bout d'un troisième dragage.

M. Bömches place sous les yeux de la Société divers plans montrant la disposition des travaux, ainsi qu'un graphique des tassements observés

depuis leur achèvement. Les tassements généraux continuent, en effet, mais ils sont très lents et ont lieu dans le sens vertical, de sorte que ni murs ni remblais ne présentent de fissures. La jetée du large, notamment, s'est enfoncée depuis 1874, année où elle a été terminée, d'environ $0^m,70$; pour les quais, l'enfoncement a varié de $0^m,10$ à $0^m,50$. On en a été quitte pour relever les murs d'une ou de deux assises de pierre.

M. Bömches passe ensuite en revue l'aménagement des voies de communication, des grues, des magasins et hangars. Les aménagements n'ont été faits que sur un tiers environ des quais; on les complétera au fur et à mesure des besoins, en mettant à profit l'expérience acquise avec l'installation actuelle.

En terminant, il rappelle que le premier projet du nouveau port de Trieste est dû à M. Paulin Talabot; il fut présenté à l'empereur d'Autriche en 1862, et servit de base aux études approfondies faites par les soins du gouvernement autrichien. Ces études aboutirent à un projet moins vaste, mieux en harmonie avec les besoins et les ressources du moment, et dans la rédaction duquel on s'est inspiré des conseils donnés par M. H. Pascal, alors ingénieur en chef des ponts et chaussées à Marseille.

Les travaux commencés en 1867 par M. E. Pontzen, furent repris en 1869, sous la direction de M. Bömches, et terminés en 1883.

La surface remblayée est de 26,75 hectares; les bassins abrités ont 35,5 hectares avec une profondeur d'eau minima de $8^m,50$; le développement des quais dépasse 3 kilomètres. Les six entrepôts actuellement construits s'étendent sur 22 577 mètres carrés, et il y a en outre deux hangars de 2 598 mètres de superficie.

La dépense totale a été d'un peu plus de 36 millions de francs.

M. le Président remercie très vivement M. Bömches, au nom de la Société, de cette nouvelle communication. M. Bömches a toujours voulu tenir très fidèlement ses confrères au courant des travaux qu'il dirige au port de Trieste, travaux excessivement difficiles à cause de la nature du fond, qui oblige l'ingénieur à lutter constamment pour obvier aux accidents qui surviennent à chaque instant. M. Bömches a donné la preuve de son affection pour la France en parlant, comme il l'a fait tout à l'heure, de l'appel du gouvernement de l'Autriche-Hongrie aux ingénieurs du port de Marseille, au point de vue des installations et de l'aménagement du nouveau port de Trieste. Il a donné également la preuve de son affection pour la Société, en s'arrêtant à Paris, en faisant un détour au lieu de pousser droit à Anvers où ses études personnelles devaient l'attirer plus que personne, afin de nous apporter lui-même des nouvelles de ses travaux. Nous devons donc le féliciter et le remercier en même temps. (*Applaudissements.*)

M. le Président donne, pour quelques minutes, la parole à M. Eiffel, qui veut bien annoncer à ses confrères la terminaison d'un très remarquable travail exécuté dans ses ateliers, et inviter la Société à le visiter prochainement, avant que le chemin de fer ne l'emporte, non pas hors de France, heureusement, mais très loin de Paris.

M. Eiffel vient convier la Société, au nom de M. Bischoffsheim et au sien, à vouloir bien visiter dans ses ateliers, la coupole qu'il vient de construire et qui est destinée à l'Observatoire de Nice.

La Société sait que cet Observatoire, qui sera le plus beau de tous ceux existants, a été établi aux frais de M. Bischoffsheim, qui en fait généreusement don à l'État.

Le plus grand instrument qu'il doit recevoir est le grand équatorial de 18 mètres de longueur. La coupole qui l'abritera présentait des difficultés très grandes d'établissement, en raison de ses dimensions exceptionnelles et de son diamètre intérieur, qui est de 22m,40. Sans en faire l'objet d'une communication complète, M. Eiffel demande la permission de donner quelques détails sommaires à son sujet.

En 1881, quand il s'agit, pour l'Observatoire de Paris, d'installer le nouvel équatorial de 16 mètres, sous une coupole dont le diamètre devait être de 20 mètres, on établit un concours et on invita un certain nombre de maisons de construction à présenter des projets.

L'établissement d'une coupole de ce genre présente, en effet, d'assez grandes difficultés. Presque toutes les coupoles construites, même les plus récentes, fonctionnent assez mal; celle de l'Observatoire de Paris est dans ce cas et cependant elle n'a que 12 mètres de diamètre. Il suffit de dire qu'un homme, agissant sur un treuil, met 45 minutes pour lui faire effectuer un tour. Elle était devenue d'un usage presque impossible quand, dernièrement, M. l'amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire, y a adapté un moteur à gaz, à l'aide duquel il ne faut plus que 10 minutes pour effectuer un tour.

Pour atteindre la dimension encore inusitée de 20 mètres (les plus grandes coupoles construites ne dépassent pas 15 mètres), les difficultés devaient beaucoup augmenter; sans passer par tous les détails de l'étude à la suite de laquelle la commande a été confiée à M. Eiffel, et sera exécutée dès qu'il y aura des fonds disponibles, il doit dire que c'est l'idée proposée par lui et qui a été acceptée par le Conseil supérieur de l'Observatoire de Paris, qu'il a eu la bonne fortune d'appliquer à l'Observatoire de Nice.

Le grand équatorial de cet Observatoire a 18 mètres de longueur, et comporte une coupole de 22m,40 de diamètre intérieur. Le poids de la partie mobile, qui est toute en acier, est de 95 000 kilogrammes. Cette masse doit se mouvoir avec la plus grande facilité à la volonté de l'observateur. Or, avec les systèmes habituellement employés, le mécanisme fonctionne assez bien dans le commencement, parce que tout est parfaitement réglé; mais, au bout de très peu de temps, des dilatations se produisent, la maçonnerie tasse, des inégalités de pression se font remarquer et, bientôt, la coupole ne marche qu'avec de grands efforts.

La solution proposée et appliquée, et qui remédie aux inconvénients reconnus, consiste, au lieu de faire porter la coupole sur des galets, à la faire reposer sur un flotteur annulaire sur le pourtour duquel viennent s'attacher les fermes principales de la coupole. Le flotteur lui-même, qui

est une sorte de bateau circulaire, plonge dans une cuve concentrique, pleine d'un liquide convenablement choisi. Son mouvement, au sein de la masse liquide, ne développe qu'un très faible frottement, de sorte que le poids qu'il porte n'a que peu d'influence sur son mouvement; le faible frottement qui se développe est, en réalité, celui d'un liquide sur un liquide, parce que la couche adjacente au flotteur est entraînée avec lui dans son mouvement de rotation.

Aussi, cette masse de 95 000 kilogrammes est-elle facilement manœuvrée par un seul homme, à la main; en agissant sur un petit treuil, un homme avec un effort très faible, un enfant même peut déterminer la rotation et faire effectuer un tour en quatre minutes. En lui donnant une vive impulsion à l'aide de trois ou quatre hommes, on lui fait faire un tour en 1 minute et la coupole abandonnée à elle-même fait de trois à quatre tours sans s'arrêter.

Pour éviter la congélation du liquide, celui qu'emploie M. Eiffel est le chlorure de magnésium, qui est usité couramment depuis longues années dans les machines frigorifiques Pictet. Ce liquide, d'une densité de 1,25, ne se congèle qu'à — 40°; il a le grand avantage de coûter très bon marché. Le carbonate de potasse remplirait le même objet; il a seulement l'inconvénient d'être plus coûteux.

Quoique l'on soit porté à croire que le chlorure de magnésium attaque le fer, on peut, par l'expérience de la Compagnie Pictet, qui l'emploie depuis près de dix années, être assuré du contraire, au moins quand les bacs sont revêtus d'une couche de minium. C'est de plus un sel déliquescent, dont l'évaporation est à peu près nulle et qui ne laisse pas déposer de cristaux. On doit donc penser qu'il remplira parfaitement son but, tout en étant d'un emploi moins coûteux que le carbonate de potasse, contre lequel aucune objection ne peut se produire.

Pour s'opposer au déplacement produit par le vent, il existe des galets horizontaux qui sont placés sur des consoles reliées aux fermes, et qui roulent, avec un faible jeu, sur le pourtour intérieur d'un cercle parfaitement cintré.

Les mouvements dus à la dilatation se produisent librement, sans déranger les conditions d'élasticité; la maçonnerie elle-même peut subir un tassement, sans affecter le niveau de flottaison, de sorte que l'on peut être assuré d'un bon fonctionnement indéfini.

Pour compléter la solution par le flotteur et pour surcroît de sûreté, l'architecte, M. Charles Garnier, a désiré que, dans le cas où un accident se produirait dans la cuve, il y eût un système de galets ordinaires, sur lesquels la coupole pût reposer et continuer à fonctionner. Aussi a-t-on juxtaposé à celle-ci un système de galets triples, analogues à ceux qui fonctionnent dans les coupoles récemment construites, notamment dans celle de Vienne.

L'appareil actuel, qui est de beaucoup le plus grand qui ait été construit, comporte enfin une innovation importante relative aux trappes d'obser-

vation, si incommodes par les systèmes actuels, laquelle paraît donner toute satisfaction aux astronomes. MM. Mouchez et Lœwy ont déclaré aujourd'hui même à M. Eiffel, qu'à leur sentiment, la question de la construction des coupoles était résolue, et qu'il n'est pas douteux que toutes les nouvelles coupoles seraient établies sur ce système.

M. Eiffel serait très heureux, et M. Bischoffsheim également, que la Société voulût bien s'en rendre compte, en leur faisant l'honneur de venir voir, dans les ateliers de Levallois-Perret, le fonctionnement de cet appareil intéressant. (*Applaudissements.*)

M. le président félicite M. Eiffel de la bonne nouvelle qu'il vient de communiquer à la Société. Il croit devoir remercier également notre confrère, M. Bischoffsheim, qui a rivalisé — ce que tous les Français, malheureusement, ne peuvent pas faire — avec les grands seigneurs anglais, en créant ce magnifique Observatoire auquel son nom restera justement attaché.

M. Eiffel devait donc, comme il l'a fait, comme nous le faisons nous-mêmes, ne pas oublier le généreux et intelligent donateur.

La Société sera heureuse de répondre à leur double invitation, et de visiter cette coupole, unique au monde par ses dimensions et l'ingénieux système adopté, avant qu'elle ne soit installée à Nice, où plusieurs membres de la Société iront certainement l'admirer encore.

Rendez-vous est donc pris, pour vendredi prochain, 15 mai, à trois heures, dans les ateliers de M. Eiffel, à Levallois-Perret.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le projet de *Colonne-Soleil*, de M. J. Bourdais (éclairage électrique par M. Sébillot), et sur celui de *Tour colossale en fer*, de M. G. Eiffel.

Le premier orateur inscrit est M. Lavezzari. M. Lavezzari a la parole.

M. Lavezzari. Messieurs, vous avez certainement entendu avec un plaisir très vif les communications si intéressantes des éminents collègues qui nous donnent, à chaque instant, des preuves de leur compétence et de leur ingéniosité. Il y a, dans les deux projets de colonne qui vous ont été présentés, des choses très importantes, non au point de vue de leur réalisation immédiate, mais au point de vue des questions qu'elles soulèvent et qui sont de tous ordres.

La première qui s'impose à l'esprit est celle-ci : s'agit-il d'une œuvre d'utilité publique, forcée, qu'il est convenable de rendre la plus agréable possible à l'œil ? S'agit-il, au contraire, d'une œuvre d'art à laquelle il faudrait trouver une utilité ? Si je me le demande à moi-même, je crois que je ne m'éloigne pas de la vérité en supposant la seconde hypothèse, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une œuvre d'art à laquelle on s'efforce de trouver une utilité. A la vérité, je vois bien que quelques-unes des applications proposées sont les mêmes dans les deux projets ; dans l'un l'éclairage tient la première place, et je ne crois pas qu'il en soit question dans le second ; tandis que les deux projets ont cela de commun que tous deux comportent la construction d'un monument commémoratif et très élevé, ou bien très élevé

et commémoratif (*rires*), je ne sais pas bien quelle est l'idée qui doit passer la première.

Puisqu'il s'agit d'une œuvre d'art, vous permettrez bien à un architecte, le vôtre, messieurs, de toucher un peu à la question d'art, et de faire, sur ce terrain une petite excursion. Je n'abuserai pas de vos moments.

Dans la note de M. Bourdais, je lis cette phrase :

« ... Nous avons cru devoir adopter pour type de forme la colonne, forme consacrée dans l'architecture de tous les pays du monde. C'est sur des colonnes qu'étaient portées les statues des grands hommes de l'antiquité... »

Que mon camarade me permette de trouver l'assertion un peu absolue; et vous, messieurs, permettez-moi de dire en peu de mots comment est venue l'idée de faire des colonnes monumentales?

L'idée d'élever des colonnes, de faire d'une colonne un monument isolé, n'était jamais venue à l'imagination des Grecs. Quand nos maîtres en art ont adopté, je n'ose dire créé la colonne, ils lui ont donné la forme qui s'adaptait à sa fonction. Le but de la colonne, pensaient-ils, est de porter; si on élève une colonne, c'est pour lui faire porter quelque chose; si elle ne porte rien, on ne sait pas trop ce qu'elle fait. Jamais les Grecs n'ont eu cette idée d'élever des colonnes comme monuments isolés.

Si j'insiste sur ce point, c'est que notre éminent confrère, lorsqu'il a invoqué l'exemple de ce qui s'est fait dans l'antiquité, a sans doute voulu mettre son œuvre sous un patronage illustre, et que je voudrais réagir contre cette influence.

Je disais que les Grecs n'avaient jamais élevé de colonnes monumentales; cependant il y en a une dont il a été beaucoup question : c'est la colonne serpentine. On savait seulement que Constantin l'avait transportée de Delphes à Constantinople, ce qui, eu égard à la faiblesse des moyens dont Constantin pouvait disposer pour effectuer ce transport, implique l'idée que cette colonne ne devait pas être de grande dimension. Or, elle a été retrouvée, en 1855, peu après la guerre de Crimée, à une faible profondeur dans le sol, devant Sainte-Sophie, en un bel état de conservation.

Elle s'appelle « serpentine » parce qu'elle est formée de deux ou trois serpents qui entourent un fût court, sur lequel sont gravés les noms des trente peuples qui s'étaient alliés aux Athéniens et les avaient aidés à remporter la victoire de Platée sur les Perses.

Après celle-là, l'antiquité nous offre encore une autre colonne; elle date de l'an 261 av. J.-C. : c'est la colonne rostrale qui avait été élevée sur le Forum, en mémoire de la victoire de C. Duilius; elle existe encore à Rome où on peut la voir; elle n'est pas grande, et a une proportion telle, que sa projection en plan donne un peu moins du tiers de sa hauteur; c'est-à-dire que la silhouette qu'elle dessinerait sur le ciel, au lieu d'être un fût, est amortie suivant sa génératrice par les rostres qui la décorent. Ce n'est donc pas encore la colonne comme nous la comprenons.

L'idée de faire des monuments de colonnes isolées n'a surgi qu'à une

époque de décadence relative de l'art. C'était sous Trajan : l'artiste qui devait reproduire sur le marbre toutes les conquêtes de cet empereur, fort embarrassé pour grouper cette suite de nombreux bas-reliefs, imagina de les enrouler autour d'une colonne, exactement comme on enroule certaines poésies autour d'un mirliton, si vous me pardonnez cette expression.

Il en fut de même pour la colonne érigée en l'honneur de Marc-Aurèle Antonin, d'où son nom de colonne Antonine.

Passant sous silence les petites colonnes militaires élevées par les Romains dans les Gaules — elles n'avaient aucune prétention à l'art — je n'ai plus à citer dans l'antiquité que la colonne de Pompée, à Alexandrie. Cette colonne est dite de Pompée, parce qu'elle a été élevée par Pompélius, mais de fait elle a été érigée à la gloire de Dioclétien.

La colonne Trajane a 39^{m},60 de hauteur. La colonne Antonine a 37^{m},70; la colonne de Pompée a 28^{m},75 de hauteur. Ce ne sont pas des exemples à invoquer en faveur des colonnes qui nous occupent.

Après cela, un long temps s'écoule sans qu'on n'entende plus parler de colonnes, les évolutions de l'art s'accomplissent avec leurs vicissitudes: l'art byzantin, qui n'a pas laissé de grandes colonnes; puis, du treizième au seizième siècle, l'art français, dit à tort l'art gothique, qui n'en a pas élevé, non plus que la Renaissance; quand nous voyons tout d'un coup reparaître la colonne dans un pays qui ne passe pas pour le berceau des arts : c'est en Angleterre (*Rires*). L'Angleterre a produit de très grands artistes, seulement ils ne sont pas nombreux. J'ai peut-être été au delà de ma pensée, je ne voudrais froisser ici aucune conviction; mais enfin on dit bien que la Grèce est le berceau des arts, et on ne dit pas que l'Angleterre soit un autre berceau des arts (*Nouveaux rires*).

Après l'incendie, commencé le 2 septembre 1666, qui en cinq jours a détruit une grande partie de la ville de Londres, l'architecte Christophe Wren avait été chargé de faire une colonne monumentale ; il l'avait conçue beaucoup plus petite que celle qui est exécutée, et qui, dit-on, a été augmentée de près d'un tiers de la dimension qu'elle devait avoir; elle a été édifiée en pierres de Portland, qu'on a mis cinq ans à rassembler, et, pour rendre l'idée de commémoration qu'on voulait attacher à cette colonne, l'artiste l'a terminée par un cippe surmonté d'un pot d'où surgissent des flammes, ça lui paraissait suffisant pour rappeler l'incendie. Mais les Anglais ont eu une idée ingénieuse : pour faire le *monument* bien plus commémoratif, la colonne, qui a 61 mètres de hauteur, a été placée au sud-ouest, à une distance de 61 mètres, d'une maison formant l'entrée d'une ruelle appelée Puding Lane. C'est dans cette ruelle que le feu a pris le 2 septembre 1666, conséquemment, vers l'équinoxe d'automne. Il en résulte qu'à cette époque de l'année, l'ombre de la colonne vient frapper le pied de la maison où le fléau a pris naissance ; mais ce phénomène ne se voit pas souvent, parce que, aux équinoxes surtout, il y a très peu de soleil à Londres (*Rires*).

Après cette colonne, puisque nous sommes à Londres, nous pouvons en

citer une autre : c'est la colonne du duc d'Yorck qui n'est pas aussi laide que le *Monument;* malheureusement, le duc a été défiguré par un paratonnerre placé sur sa tête; ce paratonnerre est court, mais il est gros, de sorte qu'il a l'air d'un pal. Il y a même une aggravation à cette situation, survenue à la suite de circonstances dont les constructeurs de tours gigantesques feront peut-être bien de tenir un certain compte. A un moment donné, il y eut une véritable épidémie de suicide du haut de ces colonnes. L'opinion est, dans le peuple, que lorsqu'on tombe de très haut, on est mort avant d'arriver à terre; mais on ne sait pas au juste à quelle distance la mort arrive. De là, la préférence dont jouissent en pareil cas les monuments les plus élevés.

En 1842, après 30 suicides, survenus dans un temps très court, la terrasse du monument du duc d'York a été entourée d'une véritable cage. Vous voyez d'ici cette cage entourant le patient. (*Rires.*)

Enfin, Londres nous offre encore la colonne de Nelson, dont Cunningham, un poète dont l'Angleterre est fier à bon droit, a dit : C'est le beau idéal d'un invalide de Greenwich.

Remarquez bien, Messieurs, qu'ici je ne fais pas le procès de la statue, du couronnement quel qu'il soit, mais celui de la colonne. Or, la difficulté de la terminer n'est pas un de ses moindres inconvénients. Ce que je veux dire, c'est que les colonnes, prises comme monuments isolés, n'ont jamais été faites que d'une façon accidentelle; elles ne sont pas une règle à admettre, une tradition à respecter, et les essais faits n'ont pas souvent été heureux, même chez nous en France.

Ainsi nous avons la colonne Vendôme faite à l'exemple de la colonne Trajane : elle devait satisfaire au même programme; elle a été faite par le premier empire, et se ressent du style de cette époque. Il y a là des choses dont il faut avoir le respect, je me bornerai à constater que ce n'est pas encore le beau dans l'art. Elle a $43^m,55$ de hauteur.

La colonne de Boulogne, qui a été commencée peu après, a 50 mètres de hauteur. Elle est isolée, en pierre, et son chapiteau est accompagné de quelques feuilles à sa base; cette colonne de Boulogne est d'un grand enseignement : construite sur un plateau qui finit à la falaise, elle montre l'effet d'une colonne isolée; elle montre ce que serait, pour l'observateur placé à une certaine distance, une colonne colossale dépassant tout ce qui l'entoure de sa presque totalité : à distance, les détails échappent. On ne distingue pas beaucoup, à Boulogne, une cheminée d'usine de la colonne; et, quand on la montre à un étranger : — Est-ce cela, dit-il, en désignant une cheminée. — Non, c'est à côté. (*Rires.*) Eh bien, il devrait y avoir une différence entre une cheminée et un monument.

Lorsqu'il a fallu faire la colonne de Juillet, tout ce que je viens de dire était déjà si bien compris, que MM. Alavoine et Duc, les architectes qui l'ont élevée, ne s'y sont mis qu'avec beaucoup d'appréhension. De nombreux articles ont été écrits, à cette époque, dans les journaux et revues artistiques; je les ai lus avec beaucoup d'intérêt. Vous pouvez voir com-

ment ces architectes ont tenté de résoudre les difficultés : ils ont donné une base très large à la colonne, en ont restreint le fût, ont élargi le chapiteau, et ont tenu à ce que la statue terminale ne pût offrir une silhouette rectiligne.

Dans cet ordre d'idées, je crois que la colonne la plus réussie est celle d'Alexandre, à Saint-Pétersbourg : elle a 47 mètres de hauteur, et le fût, formé d'un seul bloc de granit, n'a que 26 mètres. Elle a été élevée par l'empereur Nicolas.

Si l'on se reporte maintenant aux colonnes de petites dimensions érigées à diverses époques dans des parcs ou des palais, on peut vraiment trouver que la grâce des colonnes et leur bon aspect sont en raison inverse de leur hauteur, je serais même tenté de dire en raison inverse du cube de leur hauteur. Mais s'il y a tant de difficultés à faire une colonne de quelque quarante mètres de hauteur, que sera-ce pour une colonne de 300 mètres? Certainement, nous avons de notre collègue des preuves de grande capacité ; tout le monde peut voir dans Paris ce qu'il a pu faire, mais, pourquoi se donner une tâche si difficile, quand il pourrait, dans un autre ordre d'idées, faire un monument commémoratif bien moins sujet à la critique?

Si on m'objecte qu'il y a des constructions qui atteignent du tiers à la moitié de cette hauteur, que ceux qui se contentent du tiers de cette hauteur sont nombreux et tous, ou peu s'en faut, des chefs-d'œuvre, je répondrai : Oui, mais ce ne sont jamais des colonnes isolées. Je ne parle pas des pyramides que tout le monde connaît, je ne parle pas de la tour de Babel que personne ne connaît (*rires*), quoi qu'on dise aussi qu'elle était fort grande et en pyramide étagée ; mais je prends les obélisques, qu'on pourrait m'objecter. Eh bien, jamais les Égyptiens n'ont placé un obélisque sur une place de la Concorde ! Les obélisques, à Memphis comme à Thèbes, allaient toujours par deux, par quatre, par six ; ils formaient une avenue qui conduisait à l'entrée d'un palais ou d'un temple, entrée formée de pylônes qui dépassaient même quelquefois la hauteur des obélisques ; de sorte que ces aiguilles monolithiques contribuaient à la décoration du monument à l'ensemble duquel elles appartenaient et qui, grâce à elles, perdait sa platitude.

Après cela, nous avons eu le dôme. Le mot indique déjà qu'il s'agit d'un faîte très élevé qui atteint le sol par des amortissements successifs, étagés ou continus.

Après le dôme, nous avons la flèche de l'église et de la cathédrale. Là, en adoptant cette forme, il y avait une pensée : la croix ! à faire briller dans le ciel. Elle consolait ou régnait : tous devaient la voir de partout. Mais, à côté de ces flèches, il y a des tours, et, lorsqu'il n'y a pas de tours, il y a au moins une large base à ces flèches. Lorsqu'elle est isolée, si elle nous charme encore, c'est que la flèche est ornée et la sécheresse de ses arêtes tempérée. Ainsi est-ce le cas pour celle de la Sainte-Chapelle ou celle de Notre-Dame ; on voit ce que c'est ; personne ne s'y trompe ni ne

les prend pour des cheminées, parce qu'il y a, à gauche et à droite, des silhouettes qui se profilent gracieusement sur le ciel. Les proportions sont-elles plus modestes, ne s'agit-il que d'une simple église, la flèche n'est qu'un ornement et n'arrive là que comme une plume sur un chapeau : c'est la décoration.

Pour voir l'ensemble d'une tour de 300 mètres, il faut être à une certaine distance : du pied, vous ne voyez pas l'ensemble, et si vous vous éloignez, vous perdez les détails. L'angle le plus petit pour bien voir un objet est de 25 degrés; une distance de 900 mètres, trois fois la grandeur de l'objet, proportion recommandée par les professeurs, donneraient ce que j'appellerai l'angle artiste, celui de 18 degrés; à 900 mètres, tous les détails s'évanouiront.

En passant, je voudrais dire deux mots de la perspective. J'ai entendu notre éminent collègue dire qu'il y avait à se prémunir contre l'effet de perspective, qui fait paraître plus petit les objets qui sont en haut. Au premier abord, cela a l'air d'être très vrai, mais dans la pratique, chose singulière! cela ne se produit jamais. Lorsque vous êtes au bas d'une colonne ou à l'extrémité de deux lignes, et que vous les regardez, votre œil ne s'y trompe pas; si elles sont parallèles, il le voit; si elles convergent ou divergent, il le voit aussi. Rabattons la colonne à terre, ou, ce qui est plus facile, examinons une rue, dont les deux côtés ne soient pas parallèles. A Paris, les rues sont bien alignées; mais en province, nous rencontrons encore des rues plus larges à un bout qu'à l'autre; regardons l'une de ces rues en nous plaçant au bout le plus étroit; certainement, sur le papier, le bout le plus large serait représenté par une ligne plus petite puisqu'il est vu sous un angle plus petit, et cependant votre œil ne s'y trompe pas, il voit très bien que la rue est plus large à l'extrémité opposée.

De même quand vous considérez un monument, vous le voyez bien tel qu'il est, et dans ses proportions réelles. Je crois donc qu'il ne faut pas se préoccuper de la perspective, à ce point de vue que je ne signale qu'en passant et auquel je ne m'arrête pas plus longtemps.

On ne peut se rendre compte que difficilement, si cette colonne était érigée dans Paris, de ce que paraîtrait un édifice de 300 mètres de hauteur. Mais il y a un exercice auquel notre esprit se prête plus facilement. Supposons que la colonne Vendôme soit la Colonne-Soleil, et voyons quelle devrait être la hauteur des maisons de la place Vendôme pour être à son échelle. Il faudrait qu'elles eussent 3 mètres de hauteur, et alors les habitants auront $0^{m},15$.

Imaginez une ville où vous auriez des maisons et des habitants ne dépassant pas ces hauteurs, et, au milieu d'eux, la colonne Vendôme, la nôtre! Vous direz : c'est une échelle impossible, outrée.

Mais, Messieurs, la proportion est la même pour une colonne de 300 mètres en plein Paris : c'est une échelle surhumaine.

Je crois qu'il ne nous est pas donné de dépasser l'échelle humaine. Ces grandes altitudes sont dans un paysage, dans la nature, à leur échelle :

mais un édifice colossal sera écrasant pour celui qui le regardera, il pèsera à tous et sur tous.

Messieurs, j'ai été un peu long sur cette simple question d'art, mais je ne voulais pas qu'elle parût passer inaperçue de la Société des Ingénieurs civils. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. — Je demande la permission de dire à M. Lavezzari, que, si nous désirons très vivement que les architectes soient ingénieurs, réciproquement, nous sommes très heureux que les ingénieurs soient architectes.

M. LAVEZZARI. — La question de dépense n'est traitée ni dans l'un ni dans l'autre projet avec beaucoup de développement; en principe, je suis très sensiblement de l'opinion de M. Eiffel et de M. Bourdais sur l'évaluation de la dépense; seulement, je suis de l'avis de M. Eiffel quand il parle de la tour de M. Bourdais, et je suis de l'avis de M. Bourdais quand il parle du monument de M. Eiffel (*Rires*). On a reproché au métal le peu de durée relative qu'il pourrait offrir. Nous désirons tous, naturellement, quand nous élevons une construction, qu'elle vive le plus longtemps possible, et malheureusement les faits sont là pour attester que les métaux, hormis ceux dits précieux, ne vivent pas longtemps; cependant je crois qu'il entre, au moins pour l'œil, dans la conception de la Colonne-Soleil, autant de métal que de pierre: au point de vue de l'effet décoratif, il y figure donc beaucoup de métal et ce métal pourra s'altérer. Si, dans la suite des temps, la tour le perdait complètement, si le noyau se dépouillait de l'enveloppe qui le décorait, que deviendrait l'édifice? C'est affaire d'entretien, dira-t-on. Sans doute, mais alors, *a fortiori*, peut-on en dire autant d'une tour toute en métal? La question est de savoir si nos petits-fils auront intérêt à entretenir le monument. Toutefois il faut bien remarquer que quand on emploie le métal seul, on a un tout homogène qui peut présenter plus de garantie contre une dislocation partielle. Si, au contraire, le noyau est en pierre et que la partie décorative annulaire soit en métal, il y a des effets de dilatation auxquels je suis sûr que mon honorable camarade a pensé, mais j'aimerais à entendre de lui comment il y parerait.

Il nous a bien dit que la colonne, précisément pour que l'œil puisse comprendre sa grande proportion, était divisée en étages; d'après le dessin, je crois que chacun de ces étages a 40 mètres, mais ils sont superposés et solidaires.

Si nous admettons que l'hiver la température puisse descendre à — 10° et qu'en été elle puisse, au soleil, atteindre 50°, — et ce n'est pas exagéré, car, au soleil, une couverture de zinc ne se laisse pas toucher sans donner la sensation d'une brûlure, ce qui permet d'admettre une chaleur de plus de 75°, — si, dis-je, nous admettons 50° nous aurons un écart de 60°; si on adopte pour la dilatation, le chiffre de 1225 précédé de 1, 2, 3, 4 zéros (c'est plus facile à exprimer ainsi), cela donne de l'été à l'hiver, pour une hauteur de 300 mètres, $0^m,22$ de dilatation. Or comme le diamètre de la plateforme a 35 mètres, tandis que le noyau n'en a que 18, il reste un espace annulaire de $8^m,50$ de largeur qui aura à supporter seul ces $0^m,22$ de dilatation;

autrement dit, la périphérie se soulèvera de $0^m,22$, alors qu'à $8^m,50$ de là les points d'appui resteront fixes. Cet effet de dilatation est appréciable, surtout s'il y a des appareils solidaires de l'ensemble de la plate-forme. J'aimerais à avoir sur ce point les appréciations de mon aimable confrère.

Je parlerai maintenant du côté utile de la tour, de ses applications possibles ; car enfin, même en admettant que toutes mes critiques fussent fondées, si l'édifice devrait être très utile on ferait encore des sacrifices, des concessions et on arriverait sans doute à trouver des atténuations aux inconvénients signalés, si non quelque chose de gracieux et d'élégant.

L'auteur nous signale d'abord le bénéfice de l'ascension : « Le chapiteau de 35 mètres de diamètre, offrira une plate-forme pouvant contenir à la fois plus de mille spectateurs jouissant du coup d'œil féerique de tout Paris à vol d'oiseau. » La jouissance sera au plus pour un tiers privilégié de ce millier d'individus : car, pour voir Paris, il faudra se pencher quelque peu, et, horizontalement, la vue n'aura pas grand charme. Si le chapiteau a 35 mètres de diamètre, il a 110 mètres de circonférence; cela représente cent cinquante personnes qui, sur le premier rang, pourront jouir de la vue; ceux du second rang se contenteront encore, soit trois cents personnes; ceux qui se trouveront derrière ne verront que la nue; et, comme celle-ci ordinairement n'a rien d'intéressant, il n'y aura que les spectateurs des deux premiers rangs qui s'amuseront. (*Rires.*) Beaucoup de visiteurs se plaindraient et il vaudrait mieux n'en pas laisser monter autant à la fois, circonstance dont il faudrait tenir compte dans une évaluation budgétaire.

Je laisse de côté les quatre-vingts chambres de traitement aéro-thérapique : la science médicale les réclame, il n'y a qu'à s'incliner.

L'ingénieux auteur de la coupole de Nice nous a parlé du point de vue stratégique. On comprend qu'il puisse être intéressant, lors d'un siège, d'éclairer à grande distance les opérations de l'ennemi; mais il y a une réciproque naturelle : aujourd'hui que l'on fait des pièces qui portent à 18 kilomètres, est-ce que l'assiégeant ne sera pas heureux d'avoir un point de repère excellent pour assurer son tir ? Si, au contraire, cette colonne le gêne trop, il l'aura bien vite démolie. Il ne serait donc pas très prudent de compter là-dessus en temps de guerre.

Dans les deux projets, on fait valoir la possibilité de certaines expériences de physique : je les laisserai de côté, car elles sont subordonnées à une question très grave, à celle des oscillations qui les rendraient impossibles, et j'arrive à l'éclairage, la question la plus importante au point de vue de l'utilisation de l'édifice.

Quel puissant mobile porte donc aujourd'hui un ingénieur à vouloir centraliser l'éclairage lorsque, de tous les côtés, on cherche à obtenir sa division, à multiplier les points lumineux, quelle que soit leur source ? On a appelé cette colonne *Colonne-Soleil*. Est-ce une comparaison avec le soleil ? Un rappel à son mode de fonctionnement ? La comparaison, même restreinte à ce mode d'éclairage, ne serait pas acceptable. Les rayons du soleil, en effet, nous arrivent tous parallèlement; tandis que, quelque

moyen que vous preniez, avec n'importe quels réflecteurs, votre foyer d'éclairage ne sera qu'un centre lumineux, dont un peu plus tôt, un peu plus tard, les rayons devront diverger et la lumière s'atténuer en fonction de la distance.

Tous les points d'une ville sont à égale distance du soleil, les intensités de lumière y sont partout les mêmes; tandis qu'on n'obtiendrait ce résultat avec la lumière artificielle, qu'en donnant au foyer d'émission une surface égale à celle du lieu à éclairer. L'artifice qui consiste à transformer le faisceau lumineux en une nappe lumineuse ne résout pas le problème; il faut bien admettre que l'intensité de lumière sera moins grande à l'extrémité de cette nappe; et dès lors si elle éclaire assez auprès, elle n'éclairera pas assez au loin; ou si elle éclaire assez au loin, elle éclairera trop auprès. Puisque les points lumineux ne donnent qu'une intensité de lumière décroissante, il faut donc les multiplier de manière à avoir la plus grande répétition possible des zones d'égal éclairage.

Du reste, vous le savez tous déjà, Messieurs, l'éclairage avec un foyer unique offre de graves éventualités : un accident survenant tout à coup, faut-il admettre que toute la ville serait plongée dans l'obscurité? Il faudrait donc laisser subsister un autre système d'éclairage à côté du premier. Ne s'agit-il que d'éclairage à l'occasion de fêtes exceptionnelles? La dépense devient hors de proportion avec le but à atteindre. Sans supposer un accident, il faut bien admettre encore les brouillards, ces grands ennemis des phares. Ils sont encore beaucoup plus à redouter quand il s'agit d'un corps éclairant placé à une si grande hauteur et au-dessus d'une cité comme Paris: aux nuées de vésicules d'eau viennent s'ajouter les poussières, les fumées qui flottent dans l'atmosphère, s'étendent en nappe au-dessous du corps lumineux, en formant un écran d'une plus ou moins grande opacité.

Enfin il est un autre inconvénient pratique : j'ai appris, soit à l'administration des phares, soit auprès des constructeurs, que tous les essais avaient échoué, lorsqu'on avait voulu employer des miroirs, à cause de la difficulté de maintenir leur poli.

Je ne suis pas compétent pour discuter cette question, je vous donne simplement le renseignement recueilli : l'argent, le meilleur, le seul métal à employer, aurait sa surface très rapidement attaquée.

Quand il ne s'agit que de fanaux ou de lanternes comme celles des locomotives, par exemple, l'entretien est encore possible, d'autant plus que des verres protègent les surfaces polies; mais, quand il s'agit de réflecteurs aussi grands que ceux qu'il faudrait employer avec la *Colonne-Soleil*, cela pourrait être une grande difficulté; car, ou les hommes chargés de l'entretien des réflecteurs ne pourront pas suffire à maintenir le poli, ou la couche d'argent sera bien rapidement assez usée pour être hors de service.

Il reste, Messieurs, la question des oscillations, auxquelles les édifices peuvent être soumis lorsqu'ils ont une grande hauteur. Ces oscillations, je crois que tout le monde a pu les constater, bien qu'on ne soit pas souvent

dans les circonstances voulues pour les observer; il peut même arriver qu'on les ressente sans s'en apercevoir, cela dépend beaucoup de l'attitude et du tempérament de l'observateur : il en est de cela comme du mal de mer. J'ai parlé ici, dans la séance qui a suivi celle où nous avons eu le plaisir d'entendre la communication de notre collègue, de ces oscillations ; je ne répéterai pas des chiffres que vous trouverez dans nos procès-verbaux, mais j'expliquerai à ce sujet que, lorsque j'ai parlé de $0^m,40$, j'ai entendu parler d'une amplitude complète, de gauche à droite, et non de l'écart avec la verticale. J'ai mentionné les cheminées, les colonnes et les phares, dont personne n'a nié les oscillations. Elles ont été constatées dans les ouvrages de M. Reynaud. J'ai dû à l'obligeance de M. Leblanc, inspecteur général des ponts et chaussées, la communication d'un travail d'un ingénieur en chef, M. Bourdelles qui, après avoir rappelé qu'en considérant les phares comme une poutre encastrée à l'une de ses extrémités et libre de l'autre, l'amplitude des oscillations serait proportionnelle à l'intensité du vent, à la surface du phare, au cube de sa hauteur et en raison inverse du moment d'inertie de sa section droite, ainsi que du coefficient d'élasticité des matériaux qui la composent, ajoute :

« Ces renseignements, quoique imparfaits, peuvent suffire dans le service des phares, où les édifices ne sont pas très différents, mais ils seraient tout à fait insuffisants pour justifier des constructions qui s'écarteraient notablement des types et dimensions admis.

« Dans ce dernier cas, il n'est pas possible de se faire à l'avance une idée de la flèche ou de la raideur de la construction projetée et il semble difficile, par exemple, de prévoir les effets qui pourraient se produire au sommet d'une tour de 300 mètres de hauteur. »

Voilà ce que disent ces compétences : personne ne peut prévoir ce que seraient les oscillations en haut d'une tour de 300 mètres de hauteur. Il y a là matière à bien des réflexions, à bien des recherches.

A ce sujet, je dirai, en deux mots, comment j'ai pu constater ces oscillations sans grand'peine, lorsqu'il s'agissait de phares. — J'entends d'ici une interruption : toujours les phares, pourrait-on me dire; mais, il n'est pas question de phare; nous ne serons pas au bord de la mer. — Je vous demande pardon; lorsque vous serez à 300 mètres de hauteur, vous serez dans les conditions des phares. Pourquoi les phares sont-ils plus exposés à l'action du vent? Parce qu'ils sont aux bords de la mer?... Si là le vent y est plus violent, ce n'est pas parce qu'il y a de l'eau en dessous; c'est parce qu'il n'y a pas d'obstacle à la circulation de l'air; par conséquent, je peux parler de phares quand il s'agit d'édifices dépassant tout ce qui les entoure de bien plus que la lanterne des phares ne dépasse le niveau des eaux.

Donc, pour apprécier les oscillations, j'ai pris un petit miroir, grand comme le milieu de la main, je l'ai posé à terre, je me suis placé assis et bien calé à une distance telle que j'y voyais juste par réflexion le balcon du phare, dont j'apercevais les extrémités gauche et droite toucher alternativement l'encadrement du miroir. Si le miroir est grand, ou si vous en êtes

trop près vous ne voyez rien de sensible; il vaut même mieux vous placer à une distance telle, que la lanterne qui lui sera tangente soit inscrite dans le cadre. Une petite glace, pareille à celles qu'on vend deux sous aux militaires, est suffisante pour faire l'expérience. On conçoit qu'on puisse mesurer les distances, et arriver ainsi à trouver approximativement quelle a été l'oscillation. Quant au fil à plomb et autres appareils d'observation directe, il n'y faut pas penser. On n'arrive pas à leur donner une stabilité suffisante et le plus petit déplacement rend impossible l'observation.

A quoi sont dues les oscillations? Évidemment, à l'élasticité des matériaux de maçonnerie. Voilà le point qui intéresse les ingénieurs, et sur lequel on est obligé de rester muet; on ne sait rien; les expériences sont difficiles, parce que la rupture arrive au moment où on va constater ce qu'on recherche. J'ai entendu dire que des essais se faisaient en Allemagne; peut-être quelques-uns de vous, Messieurs, pourraient-ils apporter là-dessus des renseignements; au moins était-ce ce que j'avais espéré provoquer par les quelques mots dits en février dernier.

Mais, si on ne peut pas indiquer d'une manière absolue quels sont les coefficients divers d'élasticité des matériaux de constructions, il est, je pense, possible de leur donner des valeurs relatives. Considérons les métaux dont nous connaissons le mieux les propriétés physiques; si, d'un côté, nous mettons, par exemple, l'acier, le bronze, et, d'un autre côté, le zinc et le plomb; vous savez tous que les premiers sont des métaux très sonores, on peut en faire des cloches; tandis qu'au contraire, le plomb ne rend qu'un bruit mat, qui ne peut pas s'appeler un son. Passant aux substances organiques, comme les bois, nous remarquons que les bois durs et résineux, comme le sapin rouge, le palissandre, le chêne, rendent de véritables sons, puisqu'on a pu les employer à en faire des instruments de musique (xylophones). Tandis que, au contraire, le peuplier blanc, le liège, ne rendent au choc qu'un bruit absolument mat. Cette expérience démontre que la propriété de rendre un son est en rapport direct avec l'élasticité des corps. Si je ne craignais encore de trop m'avancer, j'ajouterais, qu'à forme et volume égaux, la hauteur du son dépend du coefficient d'élasticité.

Si maintenant les matériaux de construction peuvent se classer en matériaux plus ou moins sonores, si le son peut être considéré comme un indice d'élasticité, sous un volume égal, nous aurons un module pour les classer approximativement. Le verre, ce n'est pas une pierre, c'est vrai, mais c'est une substance fondue qui montre à quel point les silicates peuvent être rendus sonores par la fusion; les briques, les tuiles, que vous essayez en les faisant sonner, le marbre, le silex, le spath sont sonores et élastiques dès lors : la craie, au contraire, l'argile mal cuite ne rendent aucun son, mais sont à peu près dépourvues de toute élasticité. Les matériaux les plus sonores sont donc aussi les plus élastiques, et cette observation pourrait être le point de départ d'expériences très précises et partant d'un grand intérêt.

Lorsque j'ai parlé des oscillations certaines, à mon avis, de la Colonne-

Soleil, on m'a objecté que le nombre des joints serait très petit. Ce n'est pas du tout une raison pour prétendre que les oscillations seront moindres; on admettrait alors que le mortier aurait plus d'élasticité que la pierre elle-même, ce qui serait une grande erreur. Au contraire, plus la pierre aura de sonorité, ce qui est le cas des granits sains, c'est-à-dire dont les feldspaths ne sont pas en voie de décomposition, et plus elle aura d'élasticité; par conséquent, cette diminution dans le nombre des assises, au lieu d'atténuer les causes des oscillations, les augmentera; cela ne touche pas la solidité de l'édifice, mais c'est un obstacle insurmontable aux expériences de physique que j'ai laissées de côté et peut-être aussi au bien-être des personnes appelées à y demeurer.

Messieurs, j'ai été un peu long, je vous prie de m'excuser, et je vous remercie de la bienveillance et de l'attention soutenue avec laquelle vous avez bien voulu m'écouter. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lavezzari de ses observations si intéressantes et très réfléchies. Il a dit, au commencement de la discussion, qu'il donnait la parole au premier orateur inscrit, et M. Lavezzari a semblé modestement repousser cette qualification. M. le président ne retire pas du tout son expression. Les deux premières qualités d'un orateur sont la conviction et le naturel, et il croit que notre confrère vient d'en faire largement preuve.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Bourdais qui désire répondre immédiatement à M. Lavezzari.

M. BOURDAIS. Messieurs, vous venez d'entendre la plaidoirie très humouristique de notre spirituel collègue Lavezzari, contre les colonnes depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours.

Il les veut multiples ou il n'en veut pas.

Et cependant, non seulement on en a élevé ainsi dans bien des pays et aux meilleurs périodes de l'art, mais on en a même relevées qui avaient été abattues. J'incline à penser qu'on en élèvera encore beaucoup malgré ses anathèmes.

Dans le travail important que notre confrère a préparé, en repassant l'histoire générale de l'architecture pour nous la faire parcourir avec lui, je cherche en vain une bonne raison pour justifier sa sévérité, je ne trouve que des impressions personnelles qui sont, qu'il me permette de le lui dire, en opposition absolue avec les avis formulés sur cette même question par les maîtres et les critiques les plus éminents et les plus autorisés.

N'est-il pas bien sévère en effet pour la colonne Trajane quand il l'appelle monument de décadence? Voulez-vous savoir comment notre illustre maître Viollet-le-Duc s'exprime à son sujet?

« Quand le Romain veut être artiste à son heure et à sa manière, il n'est pas facile de l'égaler. Nous en avons un exemple bien remarquable dans un monument connu de tout le monde, que l'on admire par tradition, sans savoir pourquoi et qui est assez faussement apprécié au point de vue de l'art; je veux parler de la colonne Trajane.

« Je ne sais si les Grecs avaient chez eux conçu rien de pareil; j'en doute, car dans cette conception on sent le Romain, on retrouve les idées d'ordre de méthode, le sentiment du peuple dominateur *poussé au sublime*. »

Dernièrement encore, les jurys Français et Italien se sont prononcés en faveur de la colonne, en choisissant, parmi bien d'autres formes proposées, dans des concours publics, la colonne de M. Formigé pour être érigée à Versailles à la gloire de la République, et à Rome la colonne de M. Nénot à la gloire de Victor-Emmanuel.

Aussi ne m'arrêterai-je pas longtemps pour réhabiliter les colonnes honorifiques si violemment attaquées par notre confrère Lavezzari; quand les plus illustres maîtres se sont prononcés en leur faveur d'une façon si chaleureuse, la question me paraît jugée en dernier ressort.

M. Lavezzari commet ensuite une erreur absolue et un peu voulue peut-être par lui pour défendre sa thèse, quand il suppose que j'ai dressé mon projet uniquement pour le vain plaisir de monter à 300 mètres de hauteur, sauf à chercher ensuite à quoi cela pourrait bien servir.

Pour le prouver, il me suffit de rétablir la vérité des faits tels que je les ai déjà exposés ici même.

En 1881, M. Sébillot, revenant d'Amérique où il avait constaté tous les avantages de l'éclairage des villes par de grands foyers lumineux, me demanda de lui prêter mon concours pour donner une forme artistique à un support de 300 mètres de hauteur destiné à porter un phare électrique de 2 millions de becs carcel, pouvant éclairer tout Paris d'une seule lumière.

L'objet à supporter, c'est-à-dire le phare à 300 mètres, est donc bien le but principal et non pas l'accessoire du projet, son diamètre de 18 mètres est nécessité par l'importance même des 2 millions de becs carcel à y installer, et cette hauteur de 300 mètres est en relation avec le diamètre de Paris.

Si nous eussions voulu nous borner à éclairer sur un kilomètre, point n'eût été besoin de monter à une aussi grande hauteur, l'effort développé eût été hors de proportion avec le but à atteindre.

Le problème ainsi posé, fallait-il, comme semble l'indiquer M. Lavezzari, donner au monument une très grande dimension en largeur, pour l'amour seul de la forme dite pyramidale qui fut, pendant quelques années, dans certains ateliers, élevée presque à la hauteur d'un principe, mais qui depuis longtemps déjà est devenue bien démodée? Je ne le crois pas pour plusieurs raisons, et la plus importante, celle qui me dispensera d'énumérer les autres, c'est que le prix d'un édifice étant à peu de chose près proportionnel à son cube total, le seul moyen de diminuer ce cube quand la hauteur est donnée, c'est de diminuer la base et de renoncer au très vain plaisir de faire pyramider l'édifice, dussent périr les principes qui, malgré les outrages du temps, sont restés encore chers à notre collègue, M. Lavezzari.

M. Lavezzari nous a encore dit qu'une colonne est faite pour porter

quelque chose, et qu'une colonne qui ne porte rien n'a pas de raison d'être.

Sans être aussi absolu que lui, tant s'en faut, je me rapprocherais peut-être ici de sa manière de voir; mais ce reproche s'adresse-t-il donc à mon projet? Prend-il donc pour une quantité négligeable en poids ou en volume, un phare de 2 millions de becs carcel? Peut-il, pour les besoins de sa critique, en faire abstraction? Personne ici ne le pensera.

Les Américains, en élevant à Philadelphie le monument de Washington, qui est un obélisque et qui ne porte rien, deviennent justifiables de M. Lavezzari. Voici la photographie de ce monument que je livre aux sévérités de notre confrère. Voici à côté le dessin de ma colonne : qu'il l'examine de nouveau.

La prendra-t-il pour une cheminée? Je ne le crois pas, car s'il est un édifice existant à la famille duquel il appartienne, c'est plutôt à la tour de Pise qu'à une colonne proprement dite. Elle comprend en effet un noyau plein et des étages composés d'arcatures ajourées, alors que les cheminées sont pleines.

A moins d'être très myope, je crois qu'on ne s'y méprendra jamais.

Et du reste, ces comparaisons que prouvent-elles? Serait-ce critiquer un dôme que de le comparer à un gâteau de Savoie?

Cette première partie de la conférence de M. Lavezzari porte sur une question de pure esthétique, question de sentiment personnel autant que d'influence de milieux, et l'on discutera sur ce sujet pendant bien des siècles sans se mettre jamais d'accord.

Il me suffit de constater qu'au sujet des colonnes je suis en bonne et illustre compagnie pour penser comme je le fais.

L'art est la forme donnée à une pensée et l'artiste est celui qui fait pénétrer cette pensée chez ses semblables.

Quand je veux porter un phare à 300 mètres de hauteur, j'y vais par le plus court chemin, sans m'attarder à des superfétations de colonnades en gradins ou de clochetons multiples ou de dômes sans raisons, comme semble le désirer mon contradicteur.

Je me laisse guider et éclairer par des calculs dont personne jusqu'ici n'est venu contester le bien fondé, et je ne crois pas que ce soit dans cette maison où la raison domine, que l'on ait chance de faire prévaloir des fantaisies inutilement coûteuses, auxquelles conduirait infailliblement la préférence donnée au système esthétique pyramidal.

Mais, objectera M. Lavezzari, mieux vaut ne rien faire du tout.

Ceci n'est pas une solution, c'est une simple négation et l'intérêt même que notre Société semble porter à la question en en prolongeant l'examen suffit à prouver, qu'étant dans son esprit même, essentiellement positive et affirmative, elle ne confond pas renoncer avec résoudre.

J'examinerai maintenant les divers autres critiques formulées.

Il a été parlé de l'entretien du métal et de sa dilatation.

Vous remarquerez que, très préoccupé de cette question, j'ai réduit l'emploi du métal au minimum possible : le noyau constitutif est en granit, la colon-

nade décorative seule est en fer revêtu de cuivre; encore pensé-je lui devoir substituer la pierre dans les études définitives, car je n'ai aucun intérêt personnel à l'emploi de telle ou telle nature de matériaux et mon indépendance est absolue.

Quoi qu'il en soit de l'avenir, mon projet tel qu'il est aujourd'hui se compose d'étages successifs dont la dilatation particulière est indépendante. Il y a donc loin de là aux $0^m,22$ de dilatation totale sur les 300 mètres de hauteur, comme M. Lavezzari l'avait complaisamment supposé.

Il nous a parlé ensuite de la dimension de la plate-forme et des spectateurs réduits à deux rangs. Je n'attache pas à cette question des 1 000 personnes pouvant tenir sur le chapiteau l'importance que notre confrère s'est plu à lui donner pour y trouver nouvelle matière à critique.

La plate-forme a 35 mètres de diamètre, il est facile de calculer que cette surface est suffisante pour contenir ces 1 000 personnes. De là à les y conduire régulièrement, il y a loin, et je n'ai jamais émis cette prétention.

Ensuite il vous a parlé de l'inégalité de répartition de la lumière.

Quoiqu'il appartienne plus spécialement à M. Sébillot de répondre aux questions d'éclairage, permettez-moi de vous faire observer qu'ici encore M. Lavezzari fait une hypothèse gratuite, il n'a pas bien saisi le principe du tracé des réflecteurs qui ont précisément pour objet d'avantager les parties éloignées du phare électrique.

Il vous a dit qu'un accident aux machines aurait pour effet de jeter toute la ville dans l'obscurité; ceci est une nouvelle erreur, car il est certain que pour 2 millions de carcels il faut un assez grand nombre de machines et qu'elles ne s'arrêteront jamais en même temps pour quelque cause que ce soit.

Il a aussi objecté que l'entretien de la surface polie des miroirs était chose à peu près impossible. Sans faire un bien grand effort d'imagination, on peut, je le pense, concevoir un balai polisseur qui tournerait mécaniquement sur la surface du réflecteur qui est un paraboloïde de révolution. Cette nouvelle objection ne me semble donc pas très sérieusement fondée.

Enfin il a parlé d'oscillations, et d'un ingénieux moyen d'en déterminer *à posteriori* l'amplitude, ce dont je remercie le conférencier; mais j'eusse préféré qu'il pût me fournir le moyen de les calculer *à priori*, malheureusement les spécialistes qu'il a consultés lui ont répondu qu'ils n'en savaient rien.

Voilà, comme vous le voyez, bien des négations et des doutes. Eh bien, à ce sujet, je dois vous dire que s'il se rencontre des timorés qui me trouvent téméraire, il existe dans le monde savant des audacieux qui me trouvent craintif.

J'ai reçu d'un très éminent critique scientifique l'affirmation qu'on pouvait élever en maçonnerie un ouvrage d'une hauteur infiniment grande sans avoir à redouter l'écrasement des matériaux. Il ne me donnait pas, il est vrai, sa solution. Je l'ai cherchée, et quand je l'ai eu trouvée, je me suis aperçu que je n'avais fait que retrouver la logarithmique dont j'avais

perdu momentanément le souvenir. En effet, quand la hauteur du pylône croît arithmétiquement et que sa base croît géométriquement, les pressions par unité de surface demeurent constantes de la base au sommet sur les assises successives.

Seulement, et c'est ici que la pratique vient renverser la théorie, dans la partie haute, le pylône est tellement étroit, que le moindre vent en abattrait le sommet infiniment élevé, et dans la partie basse les pressions ne se transmettent plus d'assises en assises à partir du point où l'inclinaison du parement devient un peu forte; par exemple, on peut admettre comme limite un angle de 45°. De telle façon que ce solide théoriquement infini en hauteur se trouve réduit, et par en haut et par en bas, par suite de deux considérations pratiques différentes, à des dimensions relativement assez faibles et qui se rapprochent beaucoup de celles que j'ai indiquées précédemment par des considérations directes de résistance à l'écrasement.

Vous le voyez, Messieurs, je suis placé entre ceux qui veulent que j'aille beaucoup plus loin et ceux qui me conseillent de m'arrêter en route. Entre ces opinions extrêmes, je crois bon de garder mon opinion moyenne.

J'eusse voulu trouver dans les observations que vous avez entendues un moyen d'améliorer mon projet; c'est ce que je cherchais en le soumettant à la Société, quand je lui disais n'avoir pour but que de poser le problème et de fournir quelques notions utiles pour le résoudre.

Jusqu'ici je n'ai rien entendu qui puisse modifier mes convictions; j'attends d'autres critiques pour y répondre, et je vous remercie de la bienveillance que vous avez mise à m'entendre. (*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Bourdais de sa réponse et demande à M. Cornuault, qui doit parler sur la question de l'éclairage, s'il croit pouvoir le faire utilement aujourd'hui malgré l'heure avancée.

M. Cornuault est à la disposition de l'assemblée.

M. Bourdais fait remarquer que, si M. Sébillot n'avait pas le temps suffisant pour répondre ensuite à M. Cornuault, la discussion ne serait pas complète.

M. le Président reconnaît que ce ne serait ni complet, ni tout à fait juste. La suite de la discussion est donc remise à la prochaine séance.

M. le Président donne lecture de l'invitation suivante, qui lui est remise à l'instant, de la part de M. le colonel de Bange.

« Paris, 8 mai 1885.

« M. le Président,

« J'ai l'honneur de vous prier, de la part de M. le colonel de Bange, Directeur général des anciens établissements Cail, de vouloir bien aviser nos collègues que le canon de 340 millimètres de son système pourra être examiné, jusqu'au 10 courant inclus, dans les ateliers du quai de Grenelle.

« Il suffira à nos collègues de se présenter et de remettre leur carte.

Veuillez agréer, M. le Président, l'expression de mes sentiments dévoués.

« A. Bougault. »

M. le Président rappelle que la Société a à voter sur l'admission de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps comme membres honoraires.

Le scrutin est dépouillé, et M. le Président proclame MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps, membres honoraires.

MM. Barlet, Duplaix et Steinheil ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures moins un quart.

Séance du 22 Mai 1885.

Présidence de M. de Comberousse.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 8 mai est adopté.

M. le Président a le vif regret d'annoncer à la Société le décès de M. Servier, ancien élève de l'École centrale, ancien directeur de la Compagnie du gaz de Metz, membre du Jury international des récompenses à l'Exposition universelle de 1878. L'énergie déployée par notre confrère pendant le néfaste siège de Metz n'a pas été oubliée.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale :

Deux exemplaires de la communication de M. Vauthier, membre de la Société, au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, tenu à Blois en 1884, sur *l'Entraînement et le transport par les eaux courantes des vases, sables et graviers ;*

(Une analyse de ce travail sera présentée à la Société dans une prochaine séance.)

Un exemplaire d'une note de M. Bernard, membre de la Société, sur une *Nouvelle traverse métallique* de son invention.

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

M. Léon Thomas, membre de la Société, adresse : 1° un exemplaire des numéros des 20 août 1884, 20 janvier et 20 avril 1885, de la *Revue d'hygiène et de police sanitaire;* 2° un exemplaire du *Bulletin mensuel de la Chambre syndicale des produits chimiques,* des mois de mars et d'avril 1885; 3° quatre exemplaires du *Rapport et délibération de la Chambre syndicale*

des produits chimiques sur les projets de la ville de Paris sur l'épandage des eaux d'égout et l'évacuation des vidanges.

La lettre suivante est jointe à cet envoi.

« Paris, le 21 mai 1885.

« Monsieur le Président,

« La question de l'*utilisation des eaux d'égout* et de l'*assainissement de la Seine*, qui est en ce moment soumise aux délibérations de la Chambre des députés, a déjà attiré à plusieurs reprises l'attention de la Société des Ingénieurs civils. Dès 1871, Pierre Thomas critiquait les essais de Gennevilliers et, en 1880 et 1881, une discussion complète, qui a occupé plusieurs séances, réunissait les noms de MM. Ronna, Dallot, Durand-Claye, Émile Trélat, Léon Thomas, etc.

« J'ai l'honneur de vous adresser aujourd'hui les bulletins de deux autres Sociétés, qui viennent de délibérer sur le même sujet et auxquelles leurs statuts ont permis de prendre une résolution opposée au projet dit du « *tout à l'égout.* »

« L'une est la Société de Médecine publique et d'hygiène professionnelle qui a l'honneur de vous compter, Monsieur le Président, parmi les membres de son Conseil d'administration; l'autre est la Chambre syndicale des produits chimiques dont font partie la plupart des grands établissements s'occupant de chimie industrielle.

« Comme vous le savez, la ville de Paris a renoncé, quant à présent, à l'utilisation agricole des eaux d'égout plus ou moins chargées de matières de vidange, ainsi que cela est pratiqué partiellement à Gennevilliers. Cette administration demande à l'État l'autorisation de déverser les eaux d'égout sur une parcelle de la forêt de Saint-Germain dont le sol poreux agirait comme un filtre oxydant pour brûler et détruire la matière organique.

« Il a paru préférable aux adversaires de ce projet de demander que l'épandage ne soit autorisé qu'à la condition que les eaux d'égout soient exemptes de matières fécales, et cela, tant au point de vue de l'hygiène qu'à celui de l'intérêt agricole.

« La conséquence de cette résolution serait sans doute l'adoption d'un système d'évacuation des matières fraîches et des eaux de lavage au moyen d'une canalisation tubulaire pneumatique, ainsi que cela est pratiqué à Amsterdam et dans d'autres grandes villes de la Hollande, et à Paris dans le quartier Malesherbes.

« De plus, le traitement des matières, ainsi conduites dans une ou plusieurs usines éloignées, aurait lieu suivant les méthodes perfectionnées qui ont déjà été proposées.

« Ce mode d'évacuation et de traitement des vidanges sera sans doute ultérieurement l'objet de communications intéressantes pour notre Société;

mais on peut dire dès à présent qu'il fournira au génie civil l'occasion de travaux très importants.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

« Léon Thomas. »

M. le Président a reçu les lettres ci-après de MM. Janssen et Ferdinand de Lesseps, proclamés membres honoraires de la Société dans la dernière séance.

Voici la lettre de M. Janssen.

« Meudon, le 22 mai 1885.

Observatoire d'Astronomie physique de Paris.

« Monsieur le Président,

« J'ai reçu la lettre par laquelle vous m'informez que la Société des Ingénieurs civils, dans sa séance du 8 mai, m'a nommé membre honoraire.

« Cette haute distinction me touche profondément. Je la considère comme une des plus grandes que j'ai reçues dans ma carrière, et je viens vous prier, Monsieur le Président, de vouloir bien exprimer à nos collègues toute ma reconnaissance.

« J'aurai l'honneur de leur faire part de mes travaux.

« J'offre dès aujourd'hui à la Société quelques-uns de mes mémoires que je la prie de vouloir bien accepter.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma haute considération.

« J. Janssen. »

Voici maintenant la lettre de notre illustre confrère, M. Ferdinand de Lesseps.

« Paris, 15 mai 1885.

« Monsieur et cher Confrère,

« Je m'empresse de vous accuser réception de la lettre que vous avez bien voulu m'adresser, pour m'informer que la Société des Ingénieurs civils, réunie en assemblée ordinaire, le 8 mai dernier, venait de me nommer membre honoraire. Cette nouvelle marque d'estime et de sympathie m'a touché profondément, et j'accepte avec reconnaissance ce titre qui doit, comme vous le dites avec raison, resserrer les liens qui nous unissent.

« Agréez, Monsieur et cher confrère, l'assurance de mes sentiments affectueux et dévoués.

« Ferd. de Lesseps. »

M. Péligot, de l'Académie des sciences, nous écrit pour remercier la Société de sa contribution à la souscription ouverte pour l'érection d'une statue à Nicolas Leblanc. Voici sa lettre :

« Paris, 17 mai 1885.

« Monsieur le Président et cher Collègue,

« J'apprends avec plaisir, par votre lettre du 14 de ce mois, que le Comité de la Société des Ingénieurs civils a voté une somme de 500 francs comme participation de la Société à la souscription de la statue de Nicolas Leblanc.

« Je vous prie de remercier la Société au nom des membres de notre Comité de patronage et au mien.

Vous apprendrez avec intérêt que les sommes recueillies sont à peu près suffisantes pour qu'il y ait lieu de s'occuper de l'exécution de la statue; celle-ci, d'après l'autorisation du Ministre du Commerce, sera placée au Conservatoire des Arts et Métiers.

« Veuillez agréer, mon cher Collègue, l'expression de mes sentiments dévoués et affectueux.

« Eug. Péligot. »

M. le Président ajoute que, les sommes recueillies étant à peu près suffisantes, il se permet d'engager ceux de ses collègues qui voudraient souscrire et qui se trouveraient en retard, à porter leur offrande à l'adresse indiquée dans la dernière séance. Ils peuvent être utilement les bienfaiteurs de la dernière heure pour l'érection de cette statue depuis si longtemps méritée.

M. le Ministre de l'Instruction publique nous a fait l'honneur d'envoyer à la Société un exemplaire du discours qu'il a prononcé, le 11 avril dernier, à la Séance de clôture du congrès des sociétés savantes à la Sorbonne. Il nous adresse également la circulaire ci-après :

« Paris, le 12 mai 1885.

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur d'appeler votre attention sur l'utilité qu'il y aurait à préparer, dès à présent, le programme du congrès des Sociétés savantes en 1886. MM. les Délégués, avertis lors des récentes réunions de la Sorbonne, vous auront certainement déjà fait connaître mon désir de recevoir, le plus tôt possible, le texte des questions que votre Société jugerait dignes de figurer à l'ordre du jour de l'an prochain. Il serait important que le programme définitif pût être arrêté par les cinq sections du Comité des travaux historiques et scientifiques, et publié à la fin de juin prochain. Aussi

vous serais-je reconnaissant, Monsieur le Président, de m'adresser *d'urgence* la liste des questions choisies par votre Société.

« Recevez, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

« *Le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes,*

Signé : « René GOBLET. »

La Société répondra, sans nul doute, au désir exprimé par M. le Ministre.

M. le Président annonce enfin que le Comité vient de décider l'envoi de délégués de la Société au premier Congrès international de Navigation intérieure, qui va se tenir à Bruxelles, du 24 mai au 2 juin. Ces délégués sont MM. Carimantrand, Cotard, Fleury et Douau, dont nous reconnaissons et apprécions tous la compétence dans les questions que le Congrès est appelé à traiter. M. Douau, directeur des services de la Chambre de commerce de Dunkerque, a eu la bonne inspiration de nous demander de représenter la Société au Congrès, en nous promettant un compte rendu de ses travaux. Ses collègues ne nous oublieront pas non plus.

M. Regnard a la parole pour une invitation à la Société.

M. Regnard veut simplement dire qu'il vient de terminer, avec son frère, les plans en relief des travaux du port de la Réunion, décrits ici-même par M. Fleury, et qui sont destinés à l'exposition d'Anvers. Ils doivent partir demain soir, et M. Regnard veut inviter ceux de ses collègues, qui ne pensent pas aller à Anvers, à venir visiter ces plans, demain matin, rue Saint-Paul, 5, dans les ateliers où ils ont été exécutés.

M. le Président ne veut pas louer M. Regnard pour ne pas blesser sa modestie. Mais il tient à dire que son frère exécute les modèles de toute nature avec un soin et une habileté des plus remarquables. A une certaine échelle, le travail de M. Auguste Regnard devient de la véritable orfèvrerie.

L'ordre du jour appelle la présentation par M. W. Nordling de son ouvrage sur *le Prix de revient des transports par chemin de fer et la question des Voies navigables en France, en Prusse et en Autriche.*

Nous sommes très heureux de revoir M. Nordling parmi nous, et nous sommes reconnaissants au Congrès international de Bruxelles d'être en grande partie cause de son voyage.

M. Nordling a la parole.

M. Nordling. Messieurs, il y a un an, la Chambre des députés autrichienne vota un ordre du jour invitant le gouvernement à pourvoir à la construction d'un canal à point de partage, joignant le Danube à l'Elbe, entre Vienne et Prague, et établissant ainsi une communication navigable entre la mer du Nord et la mer Noire, de Hambourg à Galatz. Le canal devait s'élever à l'altitude de 550 mètres, avec des écluses de 8 mètres de largeur, et était évalué à 150 millions de francs. Cela me parut être une

aberration. Pour la combattre, je finis par écrire le livre que j'ai le plaisir de pouvoir vous présenter personnellement. Malheureusement il ne saurait vous intéresser, Messieurs, au même titre que ceux pour lesquels il a été écrit, la plus grande partie du livre étant consacrée aux voies navigables de la France, que vous connaissez au moins aussi bien que moi.

Dans la première partie de l'ouvrage, je cherche à établir le prix de revient des transports par chemin de fer, et je trouve que le trafic espéré pour les canaux projetés, ne coûterait pas plus de 1 centime par tonne kilométrique, s'il était transporté par les voies de fer parallèles existantes. Cette évaluation ne comprend pas, bien entendu, les frais d'entretien des terrassements et ouvrages d'art et les autres frais *constants*. Comme les intérêts des capitaux à engager dans les canaux projetés dépasseraient certainement 3 centimes par tonne kilométrique, et que les tarifs appliqués en Autriche aux marchandises pondéreuses descendent déjà à 2 centimes 1/2 et même à 2 centimes, vous voyez, Messieurs, que, pour procurer au commerce de nouvelles facilités, il serait bien plus économique d'abaisser encore les tarifs des chemins de fer plutôt que de construire des canaux.

La deuxième partie du livre est relative aux voies navigables de la France. Elle donne l'historique des canaux, leurs frais de construction, leurs profils en long, les cartes dressées par la commission d'enquête et à l'appui de la loi de classement de 1879, enfin des extraits étendus de la statistique française, qui, en fait de tonnage de navigation, est ce qu'il y a de plus complet au monde. Comme données inédites, je ne puis vous signaler dans cette partie, qu'un graphique comparatif du développement des voies navigables et des chemins de fer en France, ainsi qu'un relevé approximatif du tonnage du canal de l'Est en 1884, dont il résulte que les intérêts et les frais d'entretien du canal grèvent jusqu'à présent le budget, autrement dit le contribuable, à raison de 9 centimes 1/2 par tonne kilométrique.

La troisième partie est consacrée aux voies navigables naturelles et artificielles de la Prusse. J'en ai rassemblé les pentes, les tonnages, etc. On a beaucoup parlé des travaux exécutés dans ces derniers temps. A part de nombreux travaux d'amélioration, on n'a exécuté en fait, depuis 1870, qu'un canal de 70 kilomètres de longueur sur le littoral tourbeux du nord, entre l'Ems et le golfe de la Jahde; et, en ce moment, on travaille à la canalisation du Mein entre Mayence et Francfort. En dehors de ces travaux, il n'y a eu que des projets, fort nombreux il est vrai. Vous les trouverez rassemblés sur une carte, et décrits avec quelques détails. Le gouvernement avait présenté, il y a quelques années, aux chambres prussiennes, le projet d'un canal allant du centre du bassin houiller de la Ruhr aux ports de la mer du Nord, pour en chasser la houille anglaise. Ce projet fut repoussé, par les uns comme inutile, par les autres comme incomplet. On ne connaît pas les intentions ultérieures du gouvernement prussien.

La fin de l'ouvrage s'occupe des canaux du reste du monde et notamment des projets autrichiens déjà cités. Vous en trouverez les cartes et les profils.

La conclusion de mon livre est que la France fait très bien de conserver et de perfectionner les canaux qu'elle possède, mais qu'il n'y a aucune raison plausible pour en commencer la construction dans un pays aussi accidenté et exposé à des hivers aussi longs et rigoureux comme l'Autriche.

Je ne sais si le Congrès de Bruxelles, évidemment inspiré par des préoccupations relatives aux canaux *maritimes*, mettra au jour des faits nouveaux, de nature à modifier ma conclusion en ce qui concerne la navigation *intérieure*, proprement dite. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Nordling des paroles qu'il vient de prononcer ; seulement la Société les trouve un peu courtes, et c'est simplement une carte de visite qu'il a déposée chez elle.

Si, en revenant de Bruxelles, M. Nordling pouvait s'arrêter encore quelques instants ici, ses collègues en seraient très heureux ; il sait combien il est estimé et aimé en France en général, et à la Société des Ingénieurs civils en particulier.

M. NORDLING est confus des paroles aimables de M. le Président ; s'il avait su, il aurait prolongé un peu plus sa communication.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'on aura certainement grand plaisir et grand profit à lire l'ouvrage de M. Nordling.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur le projet de *Colonne-Soleil* de M. Bourdais (éclairage par M. Sébillot) et sur celui de *Tour colossale en fer* de M. Eiffel.

M. GALLAUD demande à M. le Président s'il ne dira pas quelque chose de la mort de Victor Hugo ? Il vient de lui faire remettre un mot, et il désire qu'il ne passe pas inaperçu.

M. LE PRÉSIDENT répond que son confrère le met dans un assez grand embarras. La Société est certainement émue, comme toute la France, de la mort de Victor Hugo, mais comme le cercle de ses préoccupations la tient un peu éloignée des hautes régions de la poésie, son Président n'avait pas cru pouvoir parler dans cette enceinte de la grande perte que le pays vient d'éprouver.

Toutefois, il donne acte à M. Gallaud de sa demande.

Un souvenir venait à M. le Président au moment où il lisait tout à l'heure la lettre de M. Ferdinand de Lesseps : c'est que le dernier acte de la vie publique de Victor Hugo a été de servir de parrain, à l'Académie française, à l'illustre membre honoraire de la Société. Il avait le nom de Victor Hugo sur les lèvres, mais n'a pas osé le prononcer.

Tout ce qui émeut notre patrie trouve un écho dans la Société des Ingénieurs civils, si profondément française ; et si son Président n'a rien dit de Victor Hugo, ce n'est pas qu'il n'éprouve une grande émotion et qu'il ne ressente la plus profonde admiration pour ce génie national : c'est qu'il a cru que notre salle était trop petite pour un aussi grand nom que celui-là. (*Applaudissements unanimes.*)

M. Galland observe que pour Gambetta, néanmoins, on a levé la séance.

M. le Président répond que les circonstances étaient différentes. Gambetta a été emporté en pleine force, quand la France comptait sur lui. Victor Hugo meurt plein de gloire, et les quinze dernières années de sa vie n'ont été qu'un triomphe. Pour Gambetta, il y avait lieu à une manifestation de la part de la Société, d'autant plus que ses funérailles furent célébrées le jour même de notre réunion, et le Président, M. Trélat, ne pouvait alors faire autrement que de lever la séance.

M. le Président remercie M. Gallaud de l'occasion qu'il lui a fournie de prononcer ces quelques paroles auxquelles la Société vient de s'associer de tout cœur.

La parole est à M. Benoît-Duportail.

M. Benoit-Duportail. Messieurs, le projet de nos collègues, MM. Bourdais et Sébillot, de construire une Colonne-Soleil ou solaire de 300 mètres de hauteur pour éclairer *tout* Paris et celui de M. Eiffel et de ses collaborateurs de construire une tour colossale de même hauteur avec un phare électrique pour éclairer un espace restreint, sont assurément des conceptions grandioses qui méritent une attention spéciale. Il m'a donc paru convenable, pour prendre part à la discussion qui devait s'ouvrir sur ce sujet, de préparer une note d'ensemble dans laquelle j'ai examiné les points principaux et que je vous demande la permission de vous lire.

Je commencerai par le projet de MM. Bourdais et Sébillot.

Après la très intéressante communication de notre collègue, M. Lavezzari, il ne me reste rien à dire au point de vue de l'esthétique.

Je n'examinerai que les conditions générales d'établissement qui intéressent spécialement les Ingénieurs, sans entrer dans les détails d'exécution, ni dans la question du prix de revient.

J'adopterai naturellement les mêmes notations que ces messieurs pour avoir des résultats comparables avec les leurs, savoir :

D, côté de la Tour carrée,
δ, densité de la matière,
H ou h, hauteur,
R, coefficient de résistance,
C, cube ou volume,
P, poids,
V, pression du vent.

Quant à M. Eiffel, je ne connais pas ses calculs, mais cela n'empêche pas d'en apprécier les résultats.

Le tableau donné, page 5, par M. Bourdais, d'après la formule $H = \frac{R}{\delta}$, montre qu'il n'y a pas de *pierres ordinaires* à bâtir dont la résistance à l'écrasement sous leur propre poids (ce qui est indépendant de la section), permette de construire une tour soit ronde, soit carrée, soit polygonale, de 300 mètres de hauteur, car les hauteurs qu'il indique sont celles des Pyra-

mides et non celles des tours à fût droit qu'il considère, et il faut les diviser par 3 pour avoir celles des cylindres ou des prismes droits, de sorte que l'on ne pourrait obtenir que $\frac{1}{3} \times 540$ mètres $= 180$ mètres avec le liais de Bagneux qui a la plus grande résistance.

Il reste donc à comparer le porphyre, le fer et le granit ; et même, comme l'emploi du porphyre n'est pas admissible pratiquement, la comparaison est circonscrite entre le fer avec lequel on pourrait obtenir une hauteur de 760 mètres et le granit qui, lui-même, est à la limite, puisque le tiers de 900 mètres que le tableau indique est justement 300 mètres.

Si l'on considère maintenant la résistance au renversement, on voit que, pour que la Tour-Soleil résiste par son propre poids à l'effort du vent et ne pivote pas autour d'une de ses arêtes, il faudra que l'on ait :

$$D^2 h \delta \times \frac{1}{2} D > h D. 300^{kg} \frac{1}{2} h$$

d'où l'on tire

$$D^2 \delta > h. 300^{kg}$$

et

$$D > \left(\sqrt{300 \times \frac{h}{\delta}} = 300 \sqrt{\frac{1}{\delta}} \right)$$

M. Bourdais s'impose, avec raison, la condition que la résultante passe à une distance de l'axe vertical égale au quart de la largeur de la base pour que les arêtes ne soient pas exposées à s'épaufrer, ce qui donne :

$$D = \sqrt{600 \times \frac{h}{\delta}} = 424,5 \sqrt{\frac{1}{\delta}}$$

Mais nous ne prendrons pas, comme lui, $\delta = 2400$, puisque aucune des *pierres ordinaires* à bâtir ne pourrait résister à l'écrasement sous son propre poids dans les conditions de sécurité nécessaires.

La formule ci-dessus donne alors pour le fer dont la densité est de 7800 :

$$D = 4^{m},820$$

correspondant à un cube de $6969^{mc},72$ et à un poids de 54500 tonnes; pour le granit, dont la densité est de 2700 :

$$D = 8,207$$

correspondant à un cube de $20\,206^{mc},45$ et à un poids de 54 500 tonnes.

Nous nous sommes aussi occupé de la résistance à la flexion (nous ne disons pas la flexion elle-même), quoiqu'il semble impossible en pratique de réaliser un encastrement pour de pareils colosses.

On voit facilement que cet élément de résistance s'ajoute à la résistance au renversement, et il suffira d'avoir :

$$h\,D\,300 \times \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} \times D \times D^2 h\,\delta + R\,\frac{D^2}{6}$$

d'où :

$$3h^2 \times 300 = D^2 (3\,h\,\delta + R)$$

et, par conséquent,

$$D = \sqrt{\frac{3\,h^2 \times 300}{3\,h\,\delta + R}}.$$

Si l'on néglige R au dénominateur, la valeur de D augmente et l'on voit ainsi qu'il suffit que l'ouvrage résiste au renversement pour qu'il résiste également à la rupture par flexion.

L'équation qui précède a pour but final de déterminer le poids de l'ouvrage nécessaire pour faire équilibre à l'effort du vent; par conséquent, on ›urra la remplacer par l'équation

$$\frac{1}{2}\,h\,S \times 300 = \frac{1}{2} D \times P,$$

:

$$P = \frac{h.\ S.\ 300}{D},$$

gligeant le terme en R et en représentant par S la surface soumise à t du vent.

›oit, par conséquent, que le poids de l'ouvrage est indépendant de la des matériaux pour une même base et ne dépend que de la largeur ıse et des surfaces exposées au vent.

us considérons la tour colossale en fer de M. Eiffel, nous voyons base a 100 mètres de côté, le piédestal 90 mètres de hauteur et s de largeur moyenne, et le fût 210 mètres de hauteur et 20 mètres r moyenne; l'équation ci-dessus donnera donc :

$$\times 60 + 210 \times 20 \times \left(\frac{1}{2} \times 210 + 90\right)\Big\}\,300 = \frac{1}{2} \times 100 \times P,$$

duit :

$$\times P = (243\,000 + 819\,000) \times 300 = 318\,600\,000$$

$$t\ P = 6\,372\,000$$ kilogrammes, soit 6 372 tonnes.

ˀre nous paraîtrait-il insuffisant, parce que l'ouvrage serait à bilité; en l'augmentant de 1/10 on arriverait à 7 000 tonnes, ıent supérieur à celui de M. Eiffel.

ait être le même si la tour était en pierre, ce qui exigerait ositions complètement différentes.

L'objection qui se présente pour l'emploi du fer, de la fonte et de l'acier, c'est qu'ils sont oxydables et ne sont par conséquent capables que d'une durée trop restreinte pour une œuvre aussi monumentale qui doit braver le temps.

Il convient de remarquer que les travaux exécutés avec ces métaux sont susceptibles d'une durée très considérable quand ils sont surveillés et entretenus convenablement, comme le prouvent des grilles et des armures antiques, des ponts qui remontent à une époque déjà éloignée, la tour du puits artésien de Grenelle et beaucoup d'autres exemples.

Il est d'ailleurs facile d'augmenter leur durée en donnant aux diverses parties un excès de section, d'une part, et, d'autre part, en employant des fers et des tôles plombés-zingués qui résistent beaucoup mieux que ceux protégés par la peinture, ce qui n'entraînerait pas un grand surcroît de dépense, puisque, si je ne me trompe, le procédé est depuis longtemps dans le domaine public.

Il ne faut pas, de plus, se figurer que les monuments en pierre ont une durée indéfinie : il est nécessaire de les entretenir comme ceux en fer, en fonte ou en acier, et ceux qui sont anciens sont fréquemment en réparation ou en restauration, ou tombent en ruines quand on ne les entretient pas constamment.

Cependant, quoique les ouvrages en fer, fonte ou acier soient d'un entretien très facile et que le remplacement des parties détériorées ne présente aucune difficulté, il faut reconnaître qu'ils n'ont pas encore pour eux comme ceux en pierre l'expérience d'une longue série de siècles.

Si l'on applique la formule trouvée plus haut : $\left(\frac{1}{2} h \text{ S} \times 300 = \frac{1}{2} \text{DP}\right)$ à une tour carrée en granit de 20 mètres de largeur, il viendra :

$$\frac{1}{2} \times 300 \times 300 \times 20 \times 300 = \frac{1}{2} \times 20 \times \text{P},$$

d'où :

$$\text{P} = 27\,000\,000 \text{ kilogrammes ou } 27\,000 \text{ tonnes}$$

et

$$\text{C} = \frac{27\,000\,000}{2\,700} = 10\,000 \text{ m. c.}$$

Mais comme il convient de s'imposer la condition que la résultante passe à une distance de l'axe vertical égale au quart de la largeur, il faudra doubler les chiffres ci-dessus et l'on arrive à P = 54500 tonnes et C = 20 000 m. c.

Si la tour de 20 mètres de diamètre était pleine, son cube serait de 120 000 mètres et son poids de 324 000 tonnes ; par conséquent, il resterait dans l'intérieur un vide égal aux 5/6 du volume total, dont le côté serait de 18^{m}, 20 et les murs n'auraient qu'une épaisseur de 0^{m}, 90 seulement.

M. Bourdais s'est arrêté à une tour ronde ayant 20 mètres à la base et 17 mètres à la partie supérieure; par conséquent, les cubes et les poids seraient notablement inférieurs à ceux que nous venons d'indiquer et il arrive à 18 000 mètres cubes.

Ce volume permettrait de construire les murs d'une vingtaine de maisons de 15 mètres de façade, 10 mètres de profondeur et 18 mètres de hauteur.

Avec le poids du fer de la tour de M. Eiffel, on pourrait établir un chemin de fer de 50 kilomètres à double voie ou 100 kilomètres à simple voie.

Ces comparaisons montrent ce que l'exécution de la colonne de M. Bourdais, aussi bien que celle de la tour de M. Eiffel, aurait de gigantesque, surtout quand on considère que la plus grande partie de ces travaux devrait s'exécuter à des hauteurs excessivement grandes.

Maintenant il faudra, soit avec le fer, soit avec la pierre, non seulenent des fondations énormes dont l'exécution présenterait des difficultés onsidérables et augmenterait encore le prix du travail, pour répartir la iarge sur une vaste surface, en raison de la nature du sol de Paris, qui t peu résistant, mais aussi une sorte de soubassement intermédiaire pour nsmettre la pression aux fondations.

.es fondations de l'Arc de Triomphe, celles de la Colonne de Juillet, ɔs du Nouvel Opéra, celles de la Tour de Washington, ont présenté des ɔultés énormes; que serait-ce pour une tour de 300 mètres de hauteur, que soit le nom qu'on lui donne?

utre part, on sait combien la statue de la Liberté éclairant le monde, Bartholdi, exécutée par M. Gaget, et qui est considérée et avec raison ɔ une œuvre gigantesque, a coûté de temps, d'efforts et de travail, et nçoit quelles difficultés inouies présenterait l'exécution d'une tour 'ait 300 mètres de hauteur, au lieu de 46^{m},08 et qui pèserait au mi-7 000 tonnes en fer et 20 000 tonnes en granit au lieu de 200, sans les fondations.

llègues, MM. Bourdais et Eiffel, ont bien senti qu'une simple colonne ıètres ne suffirait pas pour constituer une œuvre monumentale et t fait chacun un piédestal qui atteint à peu près la hauteur des Notre-Dame et qui a une largeur considérable. Ce piédestal, dans mme dans l'autre, constituerait à lui seul un édifice de premier suffirait pour donner de la célébrité à son auteur et auprès ıt de la colonne ne serait, pour ainsi dire, qu'un accessoire.

, j'ai éprouvé un grand embarras pour savoir comment la eil et son piédestal pourraient s'accommoder l'un avec l'autre: ɔscendra-t-elle jusqu'au sol et le monument qui entourera sa -t-il qu'une simple enveloppe? Ou bien le piédestal suppor-oyen de voûtes ou de poutres un poids de 55 000 tonnes? Il y ıoi un problème d'une très grande difficulté et dont je ne a solution.

m'a dit que ce n'était qu'une enveloppe.

ıditions, je ne serais pas étonné, si on se lançait dans la

construction de la Colonne-Soleil, qu'on s'arrêtât devant les difficultés d'exécution que l'on rencontrerait, après avoir fait le piédestal dont la destination serait fixée ultérieurement, sans s'occuper davantage de la colonne elle-même.

La disposition de la tour colossale de M. Eiffel permet également de s'arrêter après avoir fait le piédestal.

Avant de passer à la question d'éclairage, il importe de remarquer encore que la répartition de la lumière du soleil électrique dans les différents quartiers de Paris exigerait la construction de *plusieurs centaines* de colonnes de 80, 100 ou 150 mètres de hauteur, dont l'exécution doublerait, triplerait ou décuplerait peut-être la dépense totale d'établissement.

Abordant la question d'éclairage, je fais observer tout d'abord que bien que l'étude et l'installation du réseau d'appareils qui serait nécessaire pour répartir la lumière du soleil électrique dans les trois mille cinq cents ou quatre mille rues de Paris, dont une partie sont plus ou moins tortueuses, me paraissent un travail très difficile, je ne dirais pas cependant que ces opérations me semblent absolument impossibles.

Sans m'arrêter à des questions que certaines personnes peuvent considérer comme des détails dont un travail assidu et méthodique peut triompher, j'examine les questions fondamentales sur lesquelles repose le succès de l'affaire.

La première de ces questions est la TRANSMISSION OU PROPAGATION DE LA LUMIÈRE.

Suivant la loi naturelle, la lumière se propage en ligne droite, *par rayonnement* : c'est le mode de propagation direct et général.

Accidentellement, elle se propage par réflexion ou par réfraction, et ces deux phénomènes se produisent très fréquemment, non seulement artificiellement pour les besoins de l'industrie ou des arts décoratifs, mais dans la nature elle-même.

Je suis heureux de trouver ici l'occasion de définir exactement ce que j'entends par la lumière diffuse sur laquelle nos honorables collègues comptent pour l'éclairage de la « Grand'Ville. »

On confond en général sous cette rubrique deux choses essentiellement distinctes : la lumière *réfléchie* et la lumière *tamisée*.

La lumière *tamisée* est celle qui nous arrive après avoir traversé des écrans de formes diverses, carreaux, globes, etc., blanchis ou dépolis, ou colorés, qui en modèrent l'éclat, ou ne laissent passer que les rayons d'une certaine couleur ; c'est de la lumière adoucie ou colorée par un moyen artificiel, ce n'est pas de la lumière réfléchie.

Quant à la lumière *diffuse* proprement dite, c'est simplement, comme l'indique son nom, de la lumière *dispersée* (du latin *diffundere*, répandre disperser).

Comment se fait cette dispersion ?

Par réflexion.

Comment la lumière réfléchie ne se perpétue-t-elle pas indéfiniment, de réflexion en réflexion ?

La lumière se propage-t-elle par des *vibrations* qui perdent une partie de leur puissance vive à chaque réflexion et finissent par devenir nulles ?

Ou bien, les surfaces qui la reçoivent en absorbent-elles successivement une partie jusqu'à ce que la totalité ait disparu ?

Je n'entrerai pas ici dans des considérations très intéressantes assurément, mais qui sont étrangères à la question qui nous occupe; je me bornerai à rappeler ce fait, qui est connu de tout le monde, que la lumière diffuse ne se propage pas indéfiniment, qu'elle ne pénètre dans les lieux obscurs que dans certaines conditions et jusqu'à une certaine limite; dans es tunnels, les extrémités seules ont une clarté qui va rapidement en dimiuant et, au bout de quelques mètres, on est dans une obscurité plus ou oins complète, suivant la longueur du tunnel et suivant l'état du jour. s escaliers, les couloirs des caves sont dans le même cas et la clarté y parait promptement, surtout quand il y a des changements de direction. l n'y a que les torrents de lumière que verse le soleil qui puissent pro-e par la lumière réfléchie et diffuse la clarté dont nous jouissons, ie à l'ombre, quand nous sommes à ciel découvert ou près des fenêtres les maisons.

tat des surfaces sur lesquelles se produit la réflexion a aussi une très e importance : on sait que les surfaces noires ou brunes absorbent rande partie des rayons qu'elles reçoivent et n'ont qu'un pouvoir issant très faible ou nul; et, par conséquent, si l'on considère l'effet duira le soleil électrique de nos collègues, MM. Bourdais et Sébillot, de suite que les rayons directs qui, à 1 kilomètre de la Tour-Soleil, ntreront les toits des maisons que sous un angle de 15 à 18 degrés, uiront, même théoriquement, qu'une quantité insignifiante de éfléchie ; le résultat sera encore pire quand on s'éloignera davan-t tour.

it donc point compter sur la lumière diffuse.

irage électrique est très beau comme il l'est en effet, aux magauvre et à ceux du Printemps, cela tient à ce que les becs électril'éclat est convenablement adouci au moyen de globes dépolis ent) sont excessivement rapprochés, avec des intervalles de 4 , en sorte que les points qui ne sont pas éclairés par l'un le sont . La lumière diffuse ne joue presque aucun rôle dans ce splence où la lumière directe est répandue partout à profusion.

ensuite voir l'éclairage électrique de la cour du Carrousel, ne l'éclaire pas d'autre part, on éprouve un contraste désaplace est éclairée par une dizaine de foyers simples, d'une ntensité, placés en haut de colonnes de 8 mètres de hauteur yers jumeaux placés à 18 mètres de hauteur; à 50 mètres de uteurs correspondent à des angles de 9 et de 16 degrés envintrer sur la place, on aperçoit de loin, à travers les guichets,

sous un angle de 4 ou 5 degrés, une partie des foyers qui attirent et fatiguent les yeux par leur éclat éblouissant; le même inconvénient existe quand on est entré et que, se trouvant à quelques mètres des becs, on reçoit les rayons de l'un sous des angles de 45 à 60 degrés.

Les douze foyers électriques du Carrousel produisent au-dessous d'eux un éclairage *incohérent* qui comporte alternativement des zones claires et des zônes à moitié obscures.

Quant à la lumière diffuse, elle est tellement faible qu'on voit à peine à se diriger quand on est à quelque distance des foyers électriques; et il y a deux faits qui m'ont paru significatifs à cet égard :

En premier lieu, la partie du pavillon qui se trouve près du quai paraît obscure, quoiqu'elle soit placée entre deux foyers, parce qu'elle est un peu en retraite par rapport à deux pilastres faisant une légère saillie.

En second lieu, cet effet est d'autant plus frappant que les voûtes et le sol des guichets qui conduisent au quai, quoique éclairés seulement par des becs de gaz, se détachent par leur clarté des façades et du sol de la place auxquels l'éclairage électrique donne une teinte blafarde.

Il convient en outre de noter que, dans l'espace de trois quarts d'heure, j'ai vu trois extinctions : celle des deux becs jumeaux de la partie centrale et celle d'un autre bec placé devant les petits jardins.

Et, malheureusement, ces accidents ne sont pas des faits accidentels :

Tout le monde a pu voir les extinctions qui se sont produites sur l'avenue de l'Opéra.

Je pourrais citer une Compagnie de chemins de fer qui a dû cesser les essais qu'elle faisait, par suite d'une extinction générale au moment de l'arrivée d'un train : les voyageurs et les facteurs de bagages se trouvèrent tout à coup dans l'obscurité ! Il y eut, pendant quelques instants, une confusion indescriptible et une panique épouvantable. Heureusement, l'administration avait eu la sagesse de conserver les appareils à gaz en bon état et la gare fut immédiatement éclairée; mais on jugea qu'il ne fallait pas compter sur l'éclairage électrique dans les conditions où il se trouvait alors.

L'année dernière à Anvers, d'après ce que dit un journal anglais, l'éclairage électrique du grand théâtre s'éteignit pendant un bal; et cette année, pour rassurer le public, qui n'a pas d'enthousiasme pour la lumière électrique, on a fait mettre sur les affiches : « On ne fera pas usage de l'éclairage électrique. »

On se figure dans quelle situation serait Paris tout entier si son soleil électrique avait quelquefois de pareilles défaillances.

Et, malheureusement, lors même que les appareils fonctionneraient d'une façon absolument régulière, il faudrait s'attendre à voir cet état de choses se présenter un certain nombre de fois chaque année, au moment des brouillards : alors la lumière du soleil électrique s'arrêterait à 250 mètres au-dessus du sol, à l'endroit de la tour, et la ville serait dans une triste situation, puisqu'on n'aurait même plus pour se conduire les points de repère que donne un éclairage divisé.

Il paraît même qu'un journal a dit que la Tour-Soleil serait, à l'avenir, le point de mire des émeutiers qui chercheraient à s'en emparer, au lieu d'aller attaquer l'Hôtel de Ville : dans ce cas, il faudrait une forteresse pour défendre la Tour.

Je ne parlerai que pour mémoire des variations d'intensité, des changements de couleur, et des défaillances momentanées suivies immédiatement de résurrections.

Passons à l'éclairage par rayonnement direct et par de grands réflecteurs.

Avec le rayonnement direct, l'intensité de la lumière varie, comme on ait, en raison inverse des carrés des distances ; par conséquent, si l'intenité du soleil électrique est égale à celle du *vrai soleil* aux fortifications, le sera égale à $\left(\frac{5500}{300}\right)^2 = \frac{3025}{9}$, soit 336 fois celle de la lumière solaire pied de la tour, à 168 fois à 300 mètres, à 90 fois à 500 mètres, et ainsi suite; et ce n'est qu'aux extrémités de Paris, et sous un angle de 3 à egrés, que l'intensité de la lumière électrique serait égale à celle du il.

r conséquent, non seulement dans le voisinage de la tour, mais dans les quarts de la ville, la lumière directe serait insupportable à cause de nergie; et aux extrémités elle serait aussi insupportable parce qu'elle rait dans les yeux sous des angles de quelques degrés, comme la e du jour au moment du coucher du soleil !

ontraire l'un des grands avantages de la lumière du soleil, c'est d'être ıe[1] pour des zônes très étendues se trouvant sous une même latitude, t la plus grande partie du jour, et les différences correspondant aux es saisons et aux différentes heures ne résultent que de l'inclinaison ns du soleil au-dessus de l'horizon.

our se rapprocher le plus possible de ces admirables conditions btenir le plus d'uniformité possible qu'il convient de multiplier le es foyers et de diminuer leur distance, comme l'a conseillé Gay-

de acuité de l'angle sous lequel arriverait la lumière de la Tour- très grave inconvénient qui est commun aux faisceaux qui oyés par des réflecteurs, comme nous allons l'expliquer.

tcurs auraient pour but d'envoyer une grande quantité de s forme de faisceaux parallèles dans des voies publiques de terminées. Pour peu que l'on examine ce qui se passera, on bord que l'intensité des faisceaux lumineux sera éblouissante ecteur concentre seulement la millième partie (soit la valeur els) de l'intensité totale du soleil électrique dans une section e ; ensuite que si les rayons sont parallèles et tombent sous

de variation de son intensité d'une extrémité à l'autre d'un diamètre de $1 - \frac{(150.000.000)^2}{(150.000.000 + 12.732)^2}$ soit $\frac{1}{6000}$ environ.

un angle très aigu, comme les rayons directs tomberaient à une certaine distance de la tour, l'ombre de chaque objet s'allongera et empêchera la lumière de se propager plus loin, en l'arrêtant, comme un robinet, une vanne ou une écluse arrête l'eau dans une conduite de distribution ou dans un canal.

Assurément, comme je l'ai dit en commençant, le projet de nos collègues, MM. Bourdais et Sébillot, est une conception grandiose; mais vous voyez, Messieurs, qu'il présente des *difficultés d'application redoutables et qu'il serait nécessaire d'étudier longtemps et mûrement la question*, avant de passer à l'exécution, DE CRAINTE D'ÊTRE ARRÊTÉ EN ROUTE, comme nous l'avons déjà dit.

Nos collègues, MM. Bourdais et Sébillot, citent eux-mêmes un exemple qui prouve qu'il faut agir avec la plus grande circonspection : c'est celui de la ville de Denver, au Colorado, où les ingénieurs qui ont voulu éclairer cette ville de 5 kilomètres de diamètre ont échoué, quoiqu'ils eussent pris la précaution d'employer 4 colonnes distantes seulement de 1 500 mètres l'une de l'autre.

A mon avis, il ne faut tenir aucun compte de cet exemple, qui n'est, en fait, qu'une tentative malheureuse que l'on ne doit pas chercher à imiter.

L'important ici, comme dans tout éclairage, c'est une bonne inclinaison des rayons, c'est l'égalité d'intensité et de répartition, et, passez-moi l'expression, l'ubiquité de la lumière.

Bien que le projet de MM. Eiffel, Nouguier, Kœchlin et Sauvestre, soit beaucoup plus restreint que le précédent au point de vue de l'application de l'éclairage électrique, je crains encore qu'il n'y ait là de graves difficultés dues à la variation d'intensité et au manque de diffusion de la lumière, à l'importunité des ombres, à l'absence d'éclairage en temps de brouillard, etc., etc., telles que l'on soit obligé d'y renoncer au bout de quelque temps de service si l'on se décidait à l'appliquer.

A mon avis, l'éclairage électrique n'est pas encore arrivé à l'état pratique dans de pareils cas et je pense qu'il convient, quant à présent, de se borner à des essais que l'on peut d'ailleurs faire sur une très grande échelle.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Benoît-Duportail de sa communication et de son travail.

M. Cornuault a la parole.

M. CORNUAULT présente ses observations sur la partie du projet de MM. Bourdais et Sébillot relative à l'éclairage :

Le but de la « Colonne-Soleil, » comme on peut le lire dans la communication in extenso de nos collègues, et ainsi que l'a confirmé M. Bourdais dans la dernière séance, est principalement, sinon uniquement, de servir de support à des foyers immenses « sortes de soleils descendus sur la terre et maintenus à la hauteur de 300 mètres. »

M. Bourdais s'est spécialement occupé du « porte-flambeau de la cité, » M. Sébillot du flambeau lui-même.

M. Lavezzari a formulé dans la dernière séance des critiques sur le « porte-flambeau » avec la compétence et l'esprit qu'on lui connaît.

M. Cornuault bornera ses observations au flambeau lui-même :

L'intensité du flambeau ou foyer lumineux a été fixée à 2 millions de carcels ; il doit se composer de 100 lampes à arc voltaïque disposées sur une circonférence de 12 mètres de diamètre. Chaque lampe doit émettre 20 000 carcels.

M. Cornuault estime qu'on use un peu trop facilement depuis quelques années — sur le papier surtout — de millions et de milliers de carcels, voire même de milliers de volts. Qui donc a mesuré jusqu'à présent des intensités de 20 000 carcels et même beaucoup moins ? Par quelle commission de savants, avec quels appareils, dans quelles conditions ces mesures ont-elles été faites ? On ne le dit pas, on devrait bien le dire pour rencontrer moins d'incrédulité sur ce fait qu'une lampe de 20 000 carcels a déjà fonctionné à l'exposition d'électricité en 1881.

20 000 carcels à raison de 200 à 250 carcels par cheval, chiffre élevé qu'admet M. Sébillot, exigent l'absorption d'une force de 80 à 100 chevaux par un foyer unique.

Voici sur ce point l'appréciation d'un électricien bien connu, professeur à l'École de physique de la ville de Paris, M. Hospitalier ; il écrit ceci :

« Les arcs de cette puissance (20 000 carcels) n'ont pas encore été réalisés, et on ne saurait prendre pour base les expériences faites à l'aide de machines Brush aux expositions de Paris en 1881 et Londres en 1882, dans lesquelles la puissance absorbée atteignait à peine la moitié de ce chiffre (de 80 chevaux) et sans qu'on puisse dire si la lumière produite restait bien proportionnelle à l'énergie électrique dépensée. »

M. Cornuault a cherché des exemples de gros foyers électriques pouvant être comparés à ceux cités par M. Sébillot, il n'en a trouvé nulle part, pas même dans la brochure de M. Sébillot.

M. Sébillot cite en effet l'éclairage de Madison-square à New-York; il se compose de six lampes Brush de 860 carcels placées à 35 mètres de hauteur, la machine à vapeur développe 25 à 30 chevaux ; chaque foyer absorbe donc 4 à 5 chevaux.

De même pour l'éclairage cité de la ville de Denver au Colorado : quatre foyers à peu près identiques aux précédents, donc absorbant 4 à 5 chevaux l'un. D'après d'autres documents publiés, la ville de San-José en Californie, aurait au sommet d'une tour six foyers électriques actionnés par une machine de 9 chevaux, et encore la ville d'Akron dans l'état de l'Ohio aurait deux tours portant chacune quatre lampes de 400 carcels.

Tous ces chiffres n'approchent guère de 20 000 carcels d'intensité, pas plus que de 100 chevaux de force absorbés.

En fait d'éclairage électrique intensif, on ne saurait mieux trouver ses exemples que dans le service des phares : l'utilité manifeste d'avoir pour ce service public des foyers aussi intenses que possible, a porté vers l'étude des gros foyers électriques, des ingénieurs parfaitement indépendants et

autorisés, et leurs travaux, tant en France qu'en Angleterre, ont été en grande partie publiés.

En cherchant dans ces publications, on trouve des forces motrices absorbées comprises entre 6 et 10 chevaux pour des phares tels que ceux de la Hève, du cap Gris-Nez, du cap Lizard, South Foreland, ces deux derniers en Angleterre.

M. Allard, directeur général des phares qui a expérimenté les machines électriques appropriées au service des phares, cite les chiffres suivants pour les intensités et le travail absorbé :

	TRAVAIL absorbé	INTENSITÉ en carcels	INTENSITÉ par cheval
	chevaux.		
Machine de l'alliance	4,62	275	59,5
Machine Gramme n° 1	11,48	1010	88,0
— n° 2	5,45	493	90,5
— n° 3	4,20	342	81,4
Machine de Méritens	7,50	636	84,8

En dehors des chiffres ci-dessus, on pourrait encore ajouter que la plus forte machine Siemens, d'après le dire de notre collègue, M. Boistel, absorbe environ 8 chevaux en brûlant des crayons de 25 millimètres de diamètre.

Le maximum de 1 000 carcels cité par M. Allard est, il est vrai, assez éloigné de celui que donnent certains constructeurs ; MM. Sautter et Lemonnier par exemple, dont le mérite et la compétence sont bien connus, établissent des foyers qu'ils considèrent comme pouvant donner une intensité de 4 000 carcels, mais ils n'ont jamais parlé de 20 000 carcels.

Il y a d'ailleurs lieu, sur cette question d'intensité, de bien s'entendre, et de distinguer si on parle de résultats normaux et moyens ou de chiffres exceptionnels et momentanés; sous ce rapport, les explications, de l'Administration des phares sont bien de nature à édifier, et on ne saurait mieux faire que de citer textuellement un passage du rapport de M. Allard;

« Les résultats (ceux cités ci-dessus) ont été calculés en tenant largement compte des cas défavorables qui peuvent se présenter.

« Lorsque les différents organes qui concourent à la production de la lumière fonctionnent régulièrement, lorsque les crayons de carbone sont de qualité exceptionnelle, lorsque, par une surveillance attentive et en agissant sur les régulateurs, on leur conserve l'écart et la forme qu'ils

doivent présenter, on peut arriver à des intensités bien plus grandes, *mais si l'on veut se placer dans les conditions de la pratique*, on ne peut pas supposer un pareil concours de circonstances favorables ; aussi la plupart de nos expériences ont été faites sans prendre de précautions exceptionnelles et les résultats qu'elles ont donnés conduisent à des *moyennes* assez basses. »

Ce qui précède explique suffisamment les écarts trouvés par divers expérimentateurs, et comment parfois certains se montrent si généreux sur les milliers de carcels.

M. Cornuault passe à la question de la chaleur développée et à son influence sur le réflecteur notamment :

Le réflecteur serait constitué par des métaux polis tels que l'or, l'argent; ce serait un immense paraboloïde de révolution dont le lieu focal est un cercle de 12 mètres de diamètre sur lequel sont distribuées les cent lampes.

Ce réflecteur devrait concentrer tous les rayons lumineux pour les répartir sur la surface à éclairer sans les disperser dans l'espace, et permettre d'éviter les funestes effets de la loi de déperdition en raison inverse du carré de la distance, etc...

Ce réflecteur dont la construction ne paraît pas simple, serait merveilleux, s'il remplissait bien toutes les conditions énoncées, mais les remplirait-il et les remplirait-il longtemps? On peut en douter, en raison de l'énorme chaleur développée à laquelle il paraît probable qu'il ne saurait résister.

Avec les gros foyers de moins de 4 000 carcels, on a déjà de la peine à entretenir la lampe en bon état à cause de la chaleur intense développée par un pareil foyer, mais que serait-ce avec un foyer de 20 000 carcels et bien plus avec 100 foyers de 20 000 carcels, presque juxtaposés, placés sur une circonférence de 36 mètres, soit à $0^m,36$ d'axe en axe !

Comment se comporteraient dans une pareille fournaise les réflecteurs métalliques à poli parfait, et les appareils avec leurs porte-crayons, solénoïdes, etc. ? On peut avoir une idée de la chaleur développée en remarquant que la force motrice prévue étant de 10000 chevaux, on peut admettre avec un rendement approximatif de 80 pour 100, que l'énergie électrique transformée en lumière et chaleur correspond à 8 000 chevaux, soit 600 000 kilogrammètres, soit en prenant 425 pour l'équivalent mécanique de la chaleur, $\frac{600\,000}{425} = 1\,400$ calories par seconde développées dans un espace restreint. Quel que soit le coefficient adopté pour distinguer la proportion d'énergie transformée en lumière de celle convertie en chaleur, le rayonnement des foyers justifiera les craintes les plus vives sur la conservation des appareils et de leurs réflecteurs.

M. Cornuault arrive à l'objection tirée du manque de limpidité habituel de l'atmosphère, qui a déjà été visée par M. Lavezzari, mais sur laquelle il demande la permission d'insister

Par temps de brume, de brouillard même peu intense, qu'arrivera-t-il sur le sol à éclairer des millions de carcels supposées, pour un instant,

émises dans les nuages à 300 mètres de hauteur, étant donnée surtout l'inaptitude de la lumière électrique à percer les brumes et brouillards?

On sait que la lumière électrique riche en rayons bleus et violets est pauvre en rayons rouges par rapport aux autres sources lumineuses; or ce sont les rayons les plus réfrangibles du spectre, violet, indigo, bleu, qui sont surtout absorbés par les brumes et brouillards; c'est là un fait bien connu, et qui explique, par exemple, que le soleil par un temps de brouillard a un aspect rougeâtre, dénotant que les radiations bleues et violettes ont été absorbées et que, presque seuls, les rayons jaunes et rouges viennent frapper la rétine.

La puissance d'absorption des brouillards est énorme, et de plus l'opacité des brouillards augmente considérablement avec la distance; cette question a été étudiée notamment par M. Raynaud, ancien directeur des phares, qui a établi une formule logarithmique montrant avec quelle rapidité les portées lumineuses diminuent quand l'opacité de l'atmosphère augmente, même très peu :

Ainsi une carcel étant visible à 500 mètres, il faudrait par temps de brouillard 1 600 carcels pour qu'il y eût visibilité à deux fois 500 mètres
et 1 000 000 carcels — — quatre fois 500 mètres.

Sans doute le cas d'un brouillard intense n'est pas fréquent à Paris, mais le cas d'une atmosphère limpide ne l'est pas non plus : l'atmosphère parisienne, comme toutes les atmosphères des grande villes, est peu transparente.

M. Allard a cherché à calculer par un temps clair le coefficient de transparence de l'atmosphère parisienne, et en partant du coefficient de 0,903 pour la transparence moyenne qui était celle de l'air à la campagne aux environs de Paris, il constatait le coefficient de 0,442, soit moitié moins environ, pour celui de l'atmosphère parisienne, et concluait en disant :

« Ce résultat peut donner une idée de l'opacité de l'atmosphère qui règne habituellement au-dessus de Paris et qui empêche de faire des expériences à grande distance. »

En dehors donc des brouillards comme des temps clairs, il y a, pour parler le langage de la technologie des phares, les termes intermédiaires : temps *moyens*, temps *brumeux;* ce sont ceux-là surtout qui sont fréquents à Paris pendant les saisons d'hiver et d'automne, pendant lesquelles la durée d'éclairage est la plus longue, pendant lesquelles on a plus besoin d'être bien éclairé.

En résumé, à l'inverse des auteurs du projet qui considèrent l'éclairage par la concentration en un foyer unique comme réalisable pour une ville telle que Paris, et comme devant marquer un immense progrès, en ce qui concerne l'éclairage des villes, M. Cornuault estime que ce serait sans succès que les humains chercheraient à faire descendre le soleil sur la terre, et qu'un bon éclairage de ville ne saurait s'obtenir qu'au moyen de foyers suffisamment divisés.

M. le Président remercie M. Cornuault de son étude très complète. Tout

ce qui touche à l'électricité, aujourd'hui, a un grand intérêt. Les questions pratiques y présentent encore beaucoup de difficultés, et les études qui peuvent nous familiariser avec ce nouveau domaine, sont toujours bien accueillies à la Société des Ingénieurs civils.

M. Sébillot a la parole.

M. Sébillot dit qu'il lui serait difficile de suivre M. Cornuault dans toutes ses observations. Il répondra succinctement.

Il avait signalé l'éclairage de Denver comme n'ayant pas été absolument parfait, dans le principe, parce que la force motrice et le nombre de lampes employées n'étaient pas suffisants. Il a appris depuis par un de ses amis, ingénieur des mines au Colorado, en ce moment, que la ville de Denver est entièrement éclairée à l'électricité, et qu'il n'y a pas un point du périmètre de la ville qui soit obscur. Voilà un fait positif, rapporté par un ingénieur qui l'a vu, et qui donne un caractère expérimental de l'application de l'électricité à l'éclairage des villes. Et c'est une ville très étendue; elle compte 80 000 habitants, mais elle est étendue sur une grande surface, parce que chacun a sa maison, excepté dans le centre de la ville, où il y a de grands bâtiments. Il est certain que cet éclairage qui, à l'origine, avait été si mal installé, répond aujourd'hui à tous les besoins de la ville.

Maintenant, au point de vue des brouillards et des brumes, M. Sébillot a lui-même observé à New-York, l'éclairage de Madison-square; Il a eu la bonne fortune de demeurer sur le square, et l'une de ses fenêtres donnait en face de la colonne. Or, à New-York, il y a beaucoup de brouillards et de brumes épaisses; eh bien, l'éclairage général n'avait pas diminué sensiblement pendant les brumes, même les plus intenses, et M. Sébillot a observé une atmosphère lumineuse, brillante et blanche, même pendant les tourmentes de neige.

Maintenant, à Paris, il y a également des brouillards. Il est certain qu'on n'a jamais expérimenté sur une échelle pareille; mais nous disposerons d'une force électrique qui est hors de comparaison avec les éclairages employés jusqu'ici.

Pour ce qui concerne les intensités produites, on a contesté le chiffre de 250 carcels par cheval. Cependant — et cela résulte des calculs et des chiffres mêmes qu'on a écrits au tableau — à mesure que la puissance électrique augmente, il y a augmentation de production en unités de lumière, par rapport à la force produite.

On objecte que nous employons des foyers trop puissants. Il est évident qu'une lampe de 20 000 carcels n'a jamais été réalisée jusqu'ici; mais nous sommes à peu près sûrs du résultat, et nous avons presque l'engagement des constructeurs de nous donner des foyers lumineux électriques de 10 000 carcels chacun. Néanmoins, on n'arriverait qu'à 5 000 carcels, que cela ne serait pas encore un obstacle, parce que nous augmenterions le nombre des foyers, puisque nous avons de l'espace pour les disposer. Nous n'avons pas fait une condition *sine qua non* de donner 20 000 carcels à chaque foyer; ce peut être 10 000 ou 5 000; nous croyons qu'on arrivera facilement à

10 000 carcels. Par conséquent, les principales données du problème sont établies sur une base absolument certaine, et les autres ont un caractère de certitude assez grand pour ne pas avoir de doute sur le résultat final.

M. Cornuault a encore fait une objection au sujet de la répartition de la lumière suivant les angles. Quand on a deux rayons en présence l'un de l'autre, suivant leur position, il y a une différence dans la lumière émise. C'est précisement là une des qualités que nous mettons à profit ; nous pouvons arrêter les rayons et envoyer sur le fond du paraboloïde les parties qui éclairent le plus, afin d'augmenter la proportion de la lumière réfléchie, afin de répartir d'une manière égale la lumière sur la surface à éclairer.

M. Sébillot ne voit pas d'autres objections à réfuter.

Plusieurs voix. L'élévation de température ?

M. Sébillot. En effet, on disait qu'il y avait un danger excessif résultant de la grande chaleur qui serait développée par les foyers. C'est absolument exagéré, parce qu'il y a transformation de la force en lumière, et non pas en chaleur. Du reste, il y aura au-dessus de chacun des foyers une petite cheminée d'échappement, qui permettra à l'air chaud de s'échapper ; et, comme les foyers seront installés à l'air libre, il n'y a pas grand danger d'échauffement.

M. Cornuault avait parlé, dans une précédente séance, des prix comparatifs du gaz et de l'électricité : M. Sébillot ne sait s'il est utile de revenir aujourd'hui sur cette question. Si on désirait des chiffres, il les donnerait (*oui, oui*).

Il a préparé un petit travail pour répondre aux principales objections. S'il n'abuse pas des moments de la Société, il le lira tout entier (*lisez*).

M. Sébillot. Il a été présenté diverses objections à l'éclairage par grands foyers, elles peuvent se résumer ainsi :

1° Les chiffres résultant de la comparaison du prix de cet éclairage avec celui du gaz ont été contestés.

2° Arrivera-t-on à donner une lumière suffisante dans les parties masquées par les maisons ?

3° Qu'arrivera-t-il en temps de brouillards ?

4° Comment obvier aux différences d'intensités de la lumière électrique suivant les angles ?

1° En ce qui concerne les prix comparatifs du gaz et de l'électricité, il s'agit de la comparaison de l'éclairage électrique à grands foyers avec les becs ordinaires distribués dans la ville.

Les types nouveaux donnent, il faut le reconnaître, une meilleure utilisation que ceux qui avaient été pris pour terme de comparaison ; on obtiendrait maintenant 1 unité carcel et 1/10 pour une dépense de 140 litres, ce qui donne une dépense de 1 fr. 95 par carcel et par heure.

Nous verrons ci-après à combien revient par heure l'unité de lumière calculée directement pour l'éclairage de Paris par un seul foyer.

Examinons d'abord, ce qui, d'après des relevés sur des applications réalisées, ressort de la comparaison du gaz et de l'électricité.

Voici quelques chiffres extraits d'un tableau publié par M. Dumont, ingénieur de l'administration des télégraphes belges.

Salles des télégraphistes, Bruxelles. Dépense en gaz par carcel et par heure, 0 fr. 0265. Dépense en électricité par carcel et par heure, 0 fr. 0054.

Pour la halle aux marchandises de la gare de Lyon, on a respectivement 0 fr. 0275 et 0 fr. 0054.

A la gare de la Chapelle, Paris-Nord, 0 fr. 0376 contre 0 fr. 0059, d'où il résulte que l'unité-lumière est environ six fois moins chère pour l'éclairage électrique que pour le gaz, quand on emploie l'arc voltaïque pour des applications d'une certaine puissance.

Dans l'éclairage des phares, le prix de revient est, d'après M. Regnault, inspecteur des phares, de 1 fr. 10 par heure pour 230 carcels, soit par carcel et par heure, 0 fr. 005, tandis que par le gaz on dépenserait 0 fr. 015 par carcel et par heure, en employant le gaz à 0 fr. 15.

Ces chiffres montrent déjà un avantage considérable de l'électricité sur le gaz ; mais quand on arrive à la concentration de la lumière électrique en de puissants foyers, les avantages de l'électricité s'accentuent d'une manière remarquable, si on la compare au gaz employé dans les conditions ordinaires.

Les frais de crayons, d'entretien, de surveillance, qui entrent pour une part considérable dans les frais de l'éclairage restreint à l'électricité, s'atténuent dans une énorme proportion, au point de réduire la dépense totale à être très voisine de celle du charbon consumé pour produire la force motrice. Dans les éclairages électriques restreints, c'est-à-dire représentant quelques milliers de carcels tout au plus, les frais accessoires à la dépense du charbon sont prédominants.

En voici un exemple tiré de l'ouvrage de M. Fontaine. Il s'agit d'un éclairage produit par quatre machines Gramme et quatre régulateurs Serrin coûtant 10 000 francs comme frais d'installation. Les crayons des régulateurs coûtent 2 francs le mètre et leur usure est de 0 fr. 08 par heure. La durée de la marche est de 500 heures par an et les frais se décomposent ainsi :

4 000 kilogr. charbon à 35 francs la tonne, fr.	140
166 mètres de crayons de cornue à 2 francs . . .	320
Entretien des appareils	250
Amortissement sur 10 000 francs à 10 pour 100	1 000
Total des dépenses . . . . fr.	1 710

La dépense de charbon pour vapeur est, à peine, de 8 pour 100 de la dépense totale, et cela se comprend parce que les frais généraux ont ici une importance prédominante et que les crayons sont achetés à un prix exorbitant, inadmissible, s'il s'agit d'une large consommation.

La question change de face, s'il s'agit d'un éclairage de grande puis-

sance, soit, comme dans le cas de la ville de Paris, 2 000 000 de carcels concentrés au sommet d'une tour.

Alors les frais généraux deviennent insignifiants ; la dépense de crayons est réduite dans une énorme proportion.

Les crayons payés 2 francs le mètre courant, c'est-à-dire 10 000 francs la tonne, peuvent être fabriqués dans une usine spéciale et, en raison du prix des matières, ne pas dépasser le prix de 4 à 500 francs par tonne et probablement bien au-dessous.

Par suite il n'y a aucune assimilation possible entre les éclairages de petite puissance et ceux de grands foyers concentrant une masse énorme de lumière en un même point.

Évidemment, ainsi que l'a fait remarquer M. Cornuault, il faut tenir compte d'autres dépenses que celles du charbon, mais il serait illogique d'y appliquer des chiffres se rapportant à des cas tout à fait différents. Il faut appliquer ici le calcul direct et chiffrer la dépense réelle d'un foyer de 2 000 000 de carcels en tenant compte, dans une mesure rationnelle, de tous les éléments de la dépense.

Rappelons d'abord les principales bases de ce projet d'éclairage.

Nous avons admis 10 000 chevaux pour la production de 2 000 000 de carcels à raison de 231 carcels par cheval.

Ce chiffre résulte d'essais sur les machines Gramme cités par M. Fontaine ; beaucoup d'électriciens admettent qu'on peut aller à 250 carcels par cheval et au delà en développant à son maximum l'intensité électrique des machines.

Les dépenses principales sont alors :

Pour le charbon compté à 0 fr. 800 par cheval et par heure par les machines Compound telles que les construisent MM. Weyher et Richemond :

$10\,000 \times 10 \times 0{,}80 \times 365 \times 30 =$ . . . fr.	886 000
Pour le graissage, à 1/5 de la dépense du charbon	177 200
Pour les crayons, 36 500 mètres de longueur, soit 90 tonnes par an au prix 1 000 francs par tonne	90 000
Total . . . . . fr.	1 153 200

A cela il faut ajouter :

Salaires et direction . . . . fr.	200 000
Entretien	100 000
Amortissement sur 8 000 000 francs	800 000
Total général . . . . . fr.	2 253 200

Portant ce total à trois millions pour tenir compte des imprévus, il résulte de là que la dépense par carcel et par heure revient à 0 fr. 0004,

tandis que l'éclairage au gaz, dans les conditions ordinaires de son emploi, revient à 0 fr. 015, avec le gaz à 0 fr. 15 le mètre cube, c'est-à-dire que l'électricité produite par grands foyers donne, à prix égal, quarante fois plus de lumière que le gaz.

Cette comparaison s'applique d'ailleurs au gaz tel qu'il est usité dans l'éclairage des rues: les prix relatifs ne pourraient être modifiés qu'en changeant profondément le mode d'emploi du gaz pour l'appliquer à de grands foyers : c'est une question qui m'a préoccupé, l'éclairage par grands foyers intensifs étant indépendant du mode de production de la lumière, et ayant pour objet essentiel, la concentration de la lumière en foyers intensifs et son utilisation complète par une égale répartition.

En tout cas, dans l'état actuel de la question, la différence entre le prix de la lumière par l'électricité pour l'application considérée, est trop grande pour qu'elle puisse être comblée par une erreur quelconque de détail qui pourrait être relevée.

2e objection. — On craint que, dans les parties masquées par les maisons et dans les rues étroites perpendiculaires aux rayons lumineux, la lumière ne pénètre pas; nous croyons cette crainte exagérée, d'abord parce que l'observation des éclairages de même nature en Amérique, montre que, même dans les parties masquées, l'obscurité n'existe pas : ce fait avait été déjà observé dans plusieurs éclairages électriques des ateliers.

D'un autre côté, un simple clair de lune, moins puissant que notre éclairage électrique, ne laisse aucun point dans l'ombre absolue : il fait plus ou moins clair suivant les accidents des lieux, mais il y a lumière.

Dans les éclairages des villes en Amérique, à Denver, à San-José de Californie, les ombres portées par les lignes des maisons n'empêchent pas, tout en diminuant la clarté, de répandre une lumière suffisante, et cependant les pylônes d'éclairage les plus élevés ne dépassent pas 90 mètres de hauteur; d'après des nouvelles récentes d'un témoin oculaire, ingénieur des mines au Colorado, l'éclairage de Denver a été complété et donne une satisfaction absolue. En portant la hauteur à 300 mètres, le résultat est de placer les points les moins favorisés dans des conditions similaires à celles des éclairages des villes américaines, et de beaucoup supérieures pour les parties centrales.

3e objection. — On craint que, par des brouillards intenses, l'éclairage n'existe plus : j'ai observé l'éclairage de New-York pendant l'hiver de 1883-1884, dans cette ville renommée pour ses brumes et tempêtes de neige; je demeurais précisément sur le square à Hoffmann-House et par suite avec toute facilité pour les observations, et j'ai observé fréquemment que l'appareil électrique de ce square avait pour effet de rendre, soit le brouillard, soit la neige tombante, lumineux, diminuant la crudité des ombres et rendant la diffusion plus complète.

4e objection. — On objecte à notre système de répartition de la lumière par un réflecteur, l'inégalité de l'émission partant d'un arc voltaïque. Il est certain, en effet, que, dans un arc voltaïque, suivant l'orientation, la lumière

est distribuée inégalement ; ainsi, d'après M. Douglas, électricien anglais, on a des intensités très variables suivant les points où la lumière est recueillie, d'après les chiffres suivants :

Au devant	287
Sur les côtés	116
Derrière	38

C'est là un fait d'observation incontestable, mais est-ce une objection contre l'emploi de grands foyers? Nullement, car, au contraire, cette propriété des arcs voltaïques est un moyen puissant pour opérer la répartition de la lumière d'une manière uniforme, et il est certain qu'il faudrait s'en servir à l'exécution, car, ainsi qu'il a été dit, il y aura excès de lumière dans les parties centrales, et en orientant convenablement les crayons, on peut réduire cette inégalité et favoriser, par éclairage réfléchi, les points sur lesquels il faudrait, par suite de la disposition des lieux, chercher à accroître la quantité de lumière au mètre superficiel.

Comme conclusion, nous croyons la production de l'unité-lumière quarante fois moins chère que celle du gaz employé dans les conditions actuelles, l'objection des ombres portées et des brouillards contredite par l'observation de faits existants, et à l'utilisation même des inégalités d'orientation pour arriver à une distribution uniforme.

M. le Président remercie M. Sébillot et donne la parole à M. Eiffel qui veut répondre quelques mots aux observations de M. Benoît-Duportail.

M. Eiffel voudrait faire une simple observation au sujet de la communication de M. Benoît-Duportail. Il y a une chose qui le frappe. Il ne relève que ceci : M. Benoît-Duportail paraît regretter que M. Eiffel n'ait pas communiqué ses calculs à la Société. C'est une erreur ! Il ne les a pas développés de vive voix, parce qu'il croit que c'est impossible, mais il a annoncé que les calculs de la résistance de la tour étaient à la disposition de la Société; et, en effet, ils y sont restés longtemps, et aujourd'hui ils sont imprimés dans le *Bulletin*. M. Eiffel tenait à relever ce point-là, comme ingénieur surtout, parce que le chiffre de M. Benoît-Duportail, par exemple, le poids de 7 500 tonnes, pourrait faire supposer que nous n'avions pas de formule pour calculer le poids d'un ouvrage comme celui-là; par conséquent le poids de 7500 tonnes doit ne présenter qu'une autorité assez faible, et M. Benoît-Duportail aurait eu plus de force en consultant les calculs déposés à la Société.

Dans l'une des séances précédentes, on avait paru vouloir discuter à fond l'avantage du fer par rapport à la maçonnerie, ou l'avantage de la maçonnerie par rapport au fer. M. Eiffel a dit à ce moment-là, que, pour que la discussion fût sérieuse et intéressante, il fallait comparer des projets. Cela n'a pas été fait. Malgré des demandes souvent renouvelées, on n'a pu avoir la coupe définitive du projet de M. Bourdais : c'est peut-être une raison pour laquelle la discussion n'a pas été très serrée, au point de

vue de la résistance des matériaux. La question d'électricité semble avoir été poussée loin, dans cette discussion, mais la question de résistance des matériaux semble avoir été laissée dans l'ombre aussi bien pour M. Bourdais que pour M. Eiffel; soit dans le résumé de la séance, soit dans la publication *in extenso*, il n'y a rien à ce sujet. Puisque la Société a bien voulu honorer d'une discussion les projets en présence, il serait intéressant que tous les éléments fussent entre les mains des membres de la Société, car il serait désagréable que le point spécial restât dans l'ombre.

M. Bourdais répond à M. Eiffel que son projet a été soumis à la Société : la coupe à grande échelle a été mise sur le panneau à droite du tableau, lorsque M. Bourdais a fait sa communication, et tout le monde a pu la voir. M. le Président lui a dit en effet, à la dernière séance, que M. Eiffel désirait voir la coupe de son projet. La coupe en est tellement élémentaire, que M. Bourdais va pouvoir la dessiner au tableau; c'est extrêmement simple, et s'il ne l'a pas apportée aujourd'hui, c'est parce qu'elle ne présente pas de disposition particulière. Il fait la coupe en hauteur, et la prend au pied de la tour. Le mur a 2 mètres d'épaisseur à la base, et le diamètre intérieur est de 16 mètres. Or, le poids total correspond à une pression de 40 kilogrammes par centimètre carré. Il s'est imposé les conditions suivantes pour les fondations au point de vue desquelles M. Eiffel désirait avoir communication du projet. Voici le raisonnement de M. Bourdais. Toutes les maisons de Paris appuient sur le sol avec une intensité d'environ 5 kilogrammes par centimètre carré, pour des murs de 30 mètres de hauteur; par conséquent, dans la tour, ayant 40 kilogrammes, au niveau du sol, pour avoir la base, il suffit de multiplier l'épaisseur par 8, ce qui fait 16 mètres, et cela détermine enfin un massif qui a 34 mètres de diamètre. On voit que la sous-pression se trouve réduite à un chiffre raisonnable. M. Bourdais n'a eu à employer, comme on le voit, aucun calcul bien compliqué pour déterminer la fondation de cette tour, qui repose sur une fondation large parce qu'elle porte un poids énorme. Il y a 18 000 mètres cubes de maçonnerie totale, comme l'a dit M. Benoît-Duportail.

M. Eiffel répond que si l'épaisseur est de 2 mètres, il ne la connaissait pas, elle n'a pas été communiquée. S'il en est ainsi, des calculs approximatifs que nous avons faits montrent que ce n'est pas 40 kilogrammes de pression qu'il y aura par centimètre carré, mais 66 kilogrammes.

M. Bourdais remarque que, pour déterminer cette pression, il faut connaître l'épaisseur au sommet; elle est de $0^m,80$. Le calcul est ensuite bien simple.

M. Eiffel n'avait pas ce renseignement; il avait fait son calcul d'après les détails donnés par le *Figaro*.

M. Bourdais reprend que cette forme fait que chaque zone va se porter elle-même sur la hauteur, et l'on peut supposer 1 mètre de développement moyen du cercle. Ce n'est pas une ligne droite qui joint le pied extérieur au sommet de la tour; au pied de cette tour, il y a une certaine économie de matière à opérer par l'emploi d'une courbe de parement que

M. Bourdais a déterminée, d'après une méthode qu'il apportera dans une autre séance, de manière à faire décroître les pressions, mais non pas uniformément; on arrive ainsi à diminuer l'épaisseur moyenne de $0^m,20$, ce qui fait $1^m,20$ d'épaisseur moyenne pour 300 mètres de hauteur, soit 360 mètres cubes sur 2 mètres carrés de base. Si l'on prend une bande qui a une épaisseur moyenne de 1 mètre; 360 mètres cubes, à 2600 kilogrammes, cela donne 93,6. Cette pression se répartit sur 2 mètres; en divisant par 2, on trouve 46 kilogrammes.

Mais, M. Eiffel a parlé de 66 kilogrammes, cela même n'effrayerait pas M. Bourdais. Il y a des pyramides qui portent davantage.

On a parlé, à une précédente séance, de l'écrasement des mortiers : c'est important pour une tour de grande hauteur. Il faut considérer que les expériences faites dans un laboratoire sur l'écrasement des mortiers se font sur des cubes de $0^m,10$ de côté, comme pour les pierres. Or, on ne peut pas lier les coefficients déterminés dans le laboratoire avec la résistance réelle du mortier employé sur l'épaisseur de $0^m,01$ à $0^m,02$. M. Bourdais a fait une expérience à ce sujet, en 1873. Il a pris un cube de roche, c'était une roche de Poissy, et il a déterminé le coefficient de résistance de cette pierre. Il a étendu sur la surface supérieure de la roche une couche de $0^m,002$ d'épaisseur de poudre de pierre extrêmement tendre, qui n'aurait pas porté le vingtième de ce qu'aurait porté la roche. Il a mis un second cube de roche par-dessus cette poudre, il a écrasé, et il a été étonné du résultat, car deux cubes superposés doivent donner un coefficient moindre qu'un seul cube écrasé directement; il a trouvé seulement 1/10 de moins. Il se propose de demander au Conservatoire ou aux ponts et chaussées de faire des expériences plus complètes à ce sujet; mais, comment expliquer que cette pierre, réduite en poudre, a résisté comme les 9/10 de la résistance de cette roche, car c'est la roche qui s'est écrasée, et la poudre est restée dans le même état; elle n'a pas bougé, c'était un lit; par conséquent, quand on dit que le mortier ne résistera pas, c'est une erreur, si on veut admettre qu'il peut même être employé à l'état pulvérulent. Le fait méritait d'être signalé. Voilà pour la question des mortiers.

Ensuite, il a été parlé du temps qu'on mettrait à exécuter le monument, et on a cité le monument de Washington, à Philadelphie, pour lequel on a mis 36 ans. Si on considère sa hauteur, on trouve qu'on a monté de 12 millimètres par jour. Certainement les Américains, dans cette circonstance, n'ont pas fait preuve de leur activité ordinaire. En 1877, quand nous avons monté les tours du Trocadéro, on a monté de $0^m,27$. Eh bien, pour monter de 120 mètres par an, il suffit de monter de $0^m,33$ par jour. Au Trocadéro, il y avait pas de motifs pour dépasser une vitesse de $0^m,27$; mais, pour passer d'une vitesse de $0^m,27$ à une vitesse de $0^m,33$, ce n'est pas considérable. On peut donc monter de 100 mètres par an.

M. Bourdais le répète, il veut bien prêter sa coupe à M. Eiffel. (*Rires.*) Après ces explications, il pense que cela serait toutefois bien inutile. Qu'on lui permette d'ajouter un dernier mot : c'est que, dans le projet qu'il a

présenté, le déplacement de la résultante n'est que de 5 mètres, de sorte que la partie des fondations toujours intéressée à la résistance, soit pour supporter le poids de la tour, soit pour résister à l'action du vent, forme les 5/6 des fondations. Il y a à extraire des conditions ordinaires 1/6, tandis que dans la grande table a quatre pieds (*rires*).... la tour de M. Eiffel, on remarquera que, lorsque le vent agit, la résultante vient passer successivement dans les quatre piliers, de sorte qu'il y a quatre fondations qui doivent porter tout le poids général.

M. Eiffel pense qu'il est un peu dangereux de faire des calculs au tableau, M. Bourdais arrive au chiffre de 46 kilogrammes, sans tenir compte de l'action du vent, qui augmente les chiffres d'une manière considérable. C'est bien 0^{m},80 en haut et 2 mètres en bas?

M. Bourdais. Oui.

M. Eiffel. On arrive approximativement à 66 kilogrammes, cela n'effraye pas M. Bourdais, mais cela effrayera beaucoup d'ingénieurs et d'architectes.

M. Bourdais. C'est qu'ils n'ont pas employé le granit. Le progrès existe en toutes choses. On disait tout à l'heure qu'on ne faisait pas de lampes de 20 000 carcels, mais il y a dix ans, il y a vingt ans, on n'en faisait pas du tout. (*Rires.*) Il ne faut donc pas attacher une grande importance à l'objection qui a été faite, quand on a dit qu'en Amérique on a mis 36 ans pour l'érection d'une tour, et qu'on mettrait le double, soit 72 ans, pour l'exécution de la Colonne-Soleil ; cela s'est dit dans une séance qui a précédé il est vrai le 1er avril de bien peu. M. Bourdais ne l'a pas cru. (*Rires.*)

M. le Président. M. Cornuault a la parole.

M. Cornuault fait remarquer que M. Sébillot semble avoir cru qu'il s'élevait contre une production de 200 à 250 carcels, par force de cheval. Il l'a au contraire admise, non sans la trouver élevée, et c'est précisément en l'admettant, qu'il a pu dire que pour un foyer de 20 000 carcels il fallait 80 à 100 chevaux de force ; c'est contre l'absorption d'une force de 100 chevaux par un foyer unique qu'il s'est élevé : jusqu'à présent cela n'a pas été fait. M. Bourdais vient, il est vrai, de dire : cela n'a pas été fait mais cela pourrait se faire. C'est loin d'être sûr ; pourquoi s'arrêter dans ce raisonnement? pourquoi prendre cent foyers? Il serait plus simple de prendre tout de suite un seul foyer de 2 millions de carcels, cela n'a pas été fait non plus. (*Rires.*)

M. Bourdais. M. Sébillot a répondu tout à l'heure. Nous avons mis, dans le projet général, qu'il y aurait 100 foyers de 20 000 carcels, parce que nous espérons que cela sera réalisable à bref délai. Nous avons fait des études plus complètes ; nous avons des propositions fermes de constructeurs ; et nous sommes persuadés que nous pourrons avoir des lampes de 10 000 carcels : dans ce cas, au lieu d'avoir 100 foyers nous en aurons 200. M. Cornuault semble croire qu'il est absurde de dire que parce qu'on n'a jamais fait quelque chose, il est impossible de faire beaucoup mieux. Non ; mais passer de 5 000 à 10 000 — on va le faire ces jours-ci sous nos yeux, cela nous est promis — ce n'est pas passer à 2 000 000 de carcels en un seul foyer, ce qui deviendrait ridicule.

M. Cornuault constate qu'au lieu de foyers de 20 000 carcels il n'est plus question maintenant que de foyers de 10 000 carcels; tout à l'heure même M. Sébillot parlait de 5 000 carcels, soit le quart du chiffre mis en avant. Qu'il veuille bien faire encore un effort, et on finira par être presque d'accord sur l'intensité, mais alors, ce ne sera plus 100 foyers qu'il faudra, mais bien 400, et sur un cercle de 36 mètres de circonférence ils se trouveront à $0^m,08$ d'axe en axe, distance qui serait peut-être inférieure au diamètre des crayons.

M. Bourdais répond que c'est une erreur. Il y a mille combinaisons possibles. Pourquoi ne pas admettre qu'on établisse deux rangs au lieu d'un seul? On discute sur les mots. On veut transformer tout le travail en chaleur : qu'est-ce qui produit alors la lumière? On la néglige complètement, c'est une grave erreur.

M. Cornuault. Il suffit d'examiner la façon dont se comportent les porte-crayons, dans une lampe électrique dite de 4 000 carcels, pour ne pas pouvoir nier la chaleur.

M. Bourdais ne nie pas la chaleur, mais il nie la valeur de l'objection de M. Cornuault parce qu'il transforme le travail en chaleur seule, alors qu'il se transforme en lumière.

M. Cornuault accepte parfaitement un coefficient même élevé; la chaleur développée n'en serait pas moins intolérable, avec 100 foyers de 20 000 carcels juxtaposés.

M. Sébillot n'a pas les chiffres présents à la mémoire, mais la quantité de chaleur développée est très faible.

M. Bourdais fait remarquer que c'est avec l'autorisation de M. le Président qu'il a ajouté à sa communication de la dernière fois une citation textuelle de Viollet-le-Duc. M. Lavezzari avait critiqué la disposition esthétique des colonnes, il disait que la colonne Trajane était un monument de décadence. Voici comment s'exprime à ce sujet M. Viollet-le-Duc.

« Quand le Romain veut être artiste à son heure et à sa manière, il n'est pas facile de l'égaler. Nous en avons un exemple bien remarquable dans un monument connu de tout le monde, que l'on admire par tradition sans savoir pourquoi, et qui est assez faussement apprécié au point de vue de l'art; je veux parler de la colonne Trajane,

« Je ne sais si les Grecs avaient chez eux conçu rien de pareil; j'en doute, car, dans cette conception, on sent le Romain, on retrouve les idées d'ordre, de méthode, le sentiment du peuple dominateur *poussé au sublime.* »

Voilà donc l'opinion de M. Viollet-le-Duc sur la colonne Trajane; c'est un monument tel que les Grecs n'ont jamais pu en concevoir de pareil. On peut donc différer d'opinion sur l'esthétique, comme on peut différer d'opinion sur l'électricité.

M. Benoit-Duportail demande à dire à M. Eiffel qu'il n'a pas eu l'intention de le critiquer. Il a seulement voulu dire qu'il ne s'était pas occupé des chiffres trouvés par M. Eiffel, parce qu'il ne les connaissait pas.

M. Dallot demande la parole.

M. le Président : — M. Dallot a la parole.

M. Dallot était absent de Paris lors de la dernière séance, et c'est seulement aujourd'hui qu'il a pu prendre connaissance du procès-verbal. Il avoue que sa lecture lui a causé quelque surprise. Il avait compris, en entendant la première communication de M. Bourdais, que, d'après lui, un édifice ayant la forme d'une pyramide, possédait d'autant plus de stabilité que la base supérieure était plus grande, la base inférieure plus petite et, par conséquent, le centre de gravité plus élevé.....

M. Bourdais n'a jamais dit cela...

M. Dallot... ce qui expliquerait pourquoi certain chef d'empire ayant eu l'idée malencontreuse de replacer la pyramide de l'État sur sa grande base, l'a vue s'écrouler sous lui quand il a voulu procéder au couronnement de l'édifice. Maintenant, M. Bourdais semblerait, d'après le procès-verbal de la dernière séance, préférer à ce principe d'équilibre celui de la logarithmique qui en est l'opposé et la contradiction absolue, puisque lorsqu'on donne la forme de cette courbe au profil d'un édifice principalement destiné à se supporter lui-même comme celui dont il s'agit, la section horizontale va en s'élargissant du faîte à la base. Il serait utile de savoir duquel de ces deux principes M. Bourdais s'est décidément inspiré.

M. Bourdais répète qu'il n'a jamais dit ce que M. Dallot lui fait dire. D'ailleurs, depuis l'exposition de ce projet, on lui a souvent fait dire le contraire de ce qu'il avait exposé. M. Dallot n'a pas bien lu le petit mémoire publié *in extenso*. M. Bourdais a dit que, pour une même base et une même hauteur, la stabilité est mieux assurée quand le solide est plus large en haut que dans le bas, et c'est évident, il n'a pas dit autre chose. Prenons une base et une hauteur déterminées. S'il s'agit d'un cylindre, il aura un certain poids, et le vent agira sur lui en raison de son diamètre et de sa hauteur, et il y aura une résultante qui, pour satisfaire aux conditions qu'on s'est imposées, ne dépassera pas le centre du quart de la largeur totale de la base. Plus le volume augmente pour une même base (on ne parle pas de la question d'écrasement, on parle de la résistance au renversement), il est certain que le poids va augmenter en raison du cube, tandis que l'action du vent va augmenter en raison de la surface; de sorte que, plus le solide devient large du haut, plus il sera stable, c'est-à-dire, plus la résultante se rapproche du centre. Voilà ce qui a été dit.

M. Dallot. — Et les efforts tranchants?

M. Bourdais a profité de l'étude de son projet pour faire une étude de stabilité générale des solides. Nous savons tous ce que c'est que les efforts tranchants. Ce n'est pas une objection sérieuse que M. Dallot fait en ce moment-ci.

M. Dallot. — Ce qui n'est pas sérieux, c'est de traiter une question de résistance à l'aide des seules lois de la statique des solides invariables.

M. le Président croit qu'après cet échange d'explications, on peut, peut-être, regarder, pour le moment, la discussion comme à peu près close, et

que la Société doit remercier très vivement MM. Bourdais et Eiffel de lui avoir apporté leurs études.

Seulement, les 66 kilogrammes par centimètre carré, qui ne font pas peur à M. Bourdais, inquiéteraient un peu M. le Président qui est, sur ce point, de l'avis de M. Eiffel. Au point de vue de la température, M. le Président n'est pas non plus aussi sûr que M. Sébillot que quelque accident ne surviendrait pas et ne mettrait pas l'ingéniosité des auteurs du projet à contribution.

Enfin, autre point de vue : la ville tout à coup plongée dans l'obscurité. M. Benoit-Duportail l'a fait remarquer; on ne lui a pas répondu. M. le Président ne peut s'empêcher de penser que, chercher à condenser toute la lumière destinée à éclairer une ville immense comme Paris, en un seul foyer lumineux, c'est un peu tourner le dos à la solution désirable qui est la diffusion égale de la lumière, la lumière portée partout. Les moyens proposés par MM. Bourdais et Sébillot sont très ingénieux, mais il vaudrait sans doute mieux avoir 100 tours de 60 ou 80 mètres de hauteur, portant des foyers d'une intensité beaucoup moins grande, au lieu de ce projet d'un seul foyer auquel il semblerait imprudent de confier l'éclairage de Paris.

M. LE PRÉSIDENT s'excuse d'une critique qui n'enlève rien à la hardiesse et à la valeur des conceptions exposées. Il demande si quelque membre réclame encore la parole.

M. BODIN voudrait présenter quelques observations. Il demande de quelle manière M. Eiffel envisage la question de température, la dilatation dans le pylône? Sur sa base, est-il ancré sur ses quatre pieds?

M. EIFFEL répond que non, qu'il y a des boulons de serrage et un certain jeu permettant un petit mouvement de glissement.

M. BODIN demande si l'on a ajouté au calcul de la partie inférieure l'effort provenant de ce glissement?

M. EIFFEL répond qu'il n'a pas été introduit dans le calcul, parce que l'on s'est rendu compte qu'il ne joue qu'un rôle insignifiant, en l'absence de tout entretoisement à la base.

M. BODIN. Dans une construction pareille, il faut remarquer encore que le soleil vient frapper principalement un côté. De plus, il arrive que le soleil est caché, à un moment donné, par les nuages; de sorte qu'il y a des variations brusques de température de 10, 15 ou 20 degrés en une journée. De là résultent des efforts qui sont assez considérables. Si, pour évaluer ces efforts, on fait le calcul pour un pont de deux travées, où la semelle supérieure est à une température plus élevée de 20 degrés que le reste de l'ouvrage, on trouve, par centimètre carré, 200 kilogrammes environ d'effort à ajouter; 200 kilogrammes par centimètre carré, lorsque c'est seulement un pont à deux travées! Pour un pont à plusieurs travées, cet effort additionnel est encore plus important. M. Bodin ne croit pas qu'on ait calculé à fond cette question, mais ceci montre déjà qu'il faut tenir compte de cet effort, parce que 20 degrés de différence ne paraissent

pas énormes, et dans la pratique il y a même 40 et 45 degrés. Cet effort serait à ajouter aux 10 kilogrammes par millimètre carré que prend M. Eiffel.

M. Eiffel. Ces changements de température ne se produisent pas en même temps que le vent.

M. Bodin. Pardon, cela peut se produire en même temps.

Maintenant, M. Eiffel assimile dans ses calculs le vent à une charge statique. Or, ici, nous avons déjà parlé des balancements : M. Bodin croit qu'ils proviennent des additions successives des impulsions produites par le vent, lorsque ces impulsions sont isochrones avec le balancement de la tour. Or, les efforts étant proportionnels à l'angle que peut prendre une section quelconque avec sa position primitive, il en résulte des efforts considérables. Pour en tenir compte, il faut prendre peut-être une fois un quart, ou une fois et demie, ou deux fois l'action du vent évaluée par le calcul statique. Donc si l'on se rapporte à ce qu'a dit un de nos collègues sur l'importance des amplitudes, comme l'effort est proportionnel à la courbure, il faut beaucoup augmenter le travail évalué statiquement.

Maintenant, encore une autre objection. Lorsque le soleil échauffe l'ouvrage d'un côté seulement, il y a une courbe générale dans tout le système, de sorte que l'axe ne restera pas vertical : le centre de gravité de la section supérieure de la tour ne restera pas d'aplomb avec le centre de gravité de sa section inférieure. Il y a là des questions très complexes, qui n'ont pas bien été étudiées jusqu'à ce jour et qui montrent que, construire une tour métallique de 300 mètres de hauteur, en ne tenant pas compte de tous ces efforts, c'est peut-être un peu osé. M. Bodin n'oserait pas l'affirmer, en présence de la grande compétence de M. Eiffel. Il est heureux de voir que M. Eiffel a projeté une tour de 300 mètres, parce que, il y a trois ou quatre ans, lorsque M. Bodin a parlé à la Société d'une pile de pont de 100 mètres de hauteur, on lui a dit que c'était une chose jugée impossible.

M. le Président remercie M. Bodin. La question des oscillations est, en effet, bien compliquée ; on n'a pas beaucoup de renseignements à cet égard ; mais il était bon que M. Bodin appelât notre attention sur ce point. Pour le mouvement vibratoire ou oscillatoire des prismes verticaux, on sait que ce mouvement peut obliger à donner aux tiges une section triple de celle qui suffirait si elles étaient chargées statiquement. Il y a là un point de vue auquel M. Eiffel a dû réfléchir; mais il n'était pas inutile que, dans la discussion, ces observations fussent présentées.

M. Dallot a la parole.

M. Dallot n'a pas bien saisi l'observation de M. Bodin, relative à la multiplication de l'effort du vent.

M. Bodin. Si le vent soufflait d'une façon constante sur une surface, la pression pourrait être considérée comme constante, en supposant que la pression fut établie graduellement, sans déplacement de la surface. Mais, il n'en est pas ainsi, et c'est de cette manière qu'on peut expliquer le balancement : lorsque, sur une pièce droite de masse négligeable reposant sur

deux appuis horizontaux, on vient, en son milieu, poser statiquement un poids, il se produit une certaine flèche; au lieu de poser statiquement ce poids, si on l'abandonne dès qu'il est en contact avec la pièce, il se produit une flèche double. Le vent, en agissant sur une tour produit de même des flèches qui ne sont pas celles évaluées par un calcul statique; ces flèches sont considérables, car elles peuvent s'additionner entre elles; c'est seulement de cette manière qu'on peut expliquer les grands mouvements de la partie supérieure d'une construction de ce genre.

Il y a longtemps que l'attention de M. Bodin a été appelée là-dessus. En 1870, monté sur une cheminée en maçonnerie, de 25 mètres de hauteur, il a été surpris de sentir cette cheminée remuer comme le fait un bateau. Cependant, le vent n'était pas très fort, car il n'était pas obligé de retenir son képi sur la tête. Ce n'est que par additions successives de l'action du vent, qu'il a pu expliquer l'importance du balancement produit. C'est donc de cette manière qu'on peut arriver à des flèches doubles, triples, des flèches statiques et par conséquent à des travaux au moins doubles, triples de ceux qu'on déduit de l'effet statique. Lorsque en comparant cette construction avec les charpentes ordinaires, on part de 10 kilogrammes, c'est beaucoup trop; et, à cause de la variation de température qui est due à ce que le soleil frappe d'un côté seulement, à cause des oscillations, à cause enfin des changements de température de tout l'ensemble, ce n'est pas 10 kilogrammes qu'il faut prendre comme limite si l'on ne tient pas compte de ces effets, c'est 3 ou 4; cette construction n'est pas comparable aux charpentes ordinaires.

M. Eiffel réplique qu'il ne comprend pas du tout les objections à propos de la température. Il s'agit d'une charpente exposée à l'air, baignée par la lumière, l'air, le soleil; par conséquent, les variations de température s'appliquent à l'ensemble. Dans tous les cas, dans les conditions statiques, le projet a été établi avec un coefficient de 5 kilogrammes seulement; ce n'est que sous les vents exceptionnellement forts qu'on arrive à 10 kilogrammes; mais c'est vouloir des choses très exagérées que de prétendre ajouter à ce coefficient les effets des variations de température. Il est certain que ceci ne se produira pas au moment d'une tempête violente. Du reste, cette objection peut se répéter pour tous les travaux métalliques: on a fait des ponts de plusieurs kilomètres de longueur, sur lesquels ces effets-là peuvent se produire, mais on n'en tient pas compte, à cause de la faiblesse du coefficient. On sait très bien que la limite d'élasticité peut atteindre 14 ou 15 kilogrammes; par conséquent, dans la marge, il y la place pour une foule d'efforts dont on ne tient pas compte.

M. Eiffel ne croit pas non plus que le vent agisse par poussées successives. Un vent violent arrive, une oscillation se produit; le vent recommence, il se produit une nouvelle oscillation, mais elle ne s'ajoute pas à la première.

M. Bodin. L'action du vent se trouvera emmagasinée, et la flèche augmentera.

M. Eiffel. Non, après chaque poussée, la pile reviendra en arrière et

reprendra sa forme. Il faut donc, pour que cet effet se produise, isochronisme absolu entre les oscillations et les impulsions du vent, ce qui est inadmissible.

M. Bodin. Mais le vent n'est pas comparable à une surcharge de neige.

M. Eiffel. La tour présentée est comme une charpente mise à l'extérieur.

M. Bodin. Elle a 300 mètres de hauteur et n'est pas abritée, c'est bien différent.

M. Eiffel. Il y a des ponts qui ont 600 mètres de longueur, et il ne s'y produit rien d'extraordinaire, il se produit des dilatations tout à fait courantes. La charpente est abandonnée dans l'air, et c'est ce qu'il y a de particulier dans le système, ce sont de simples montants abandonnés à eux-mêmes.

M. Bodin. Il n'existe pas de ponts de 300 mètres en porte à faux, sur lesquels le vent agit. Il existe des ponts de 500 mètres en plusieurs travées reposant sur des galets; ils sont soutenus sur plusieurs appuis et ne peuvent pas vibrer facilement.

M. Eiffel. L'effort du vent sur la pile dans un pont est très grand, tandis que, dans notre projet, il est nul au sommet de la tour.

M. le Président. Ces observations seront consignées au procès-verbal.

M. Dallot demande à ajouter un mot. M. Bodin vient dire : le vent n'agit pas d'une façon continue comme la pesanteur ou comme une charge de neige. Admettons-le, admettons que l'action du vent soit saccadée. Il en résultera que cette action produira un effet plus faible que l'action prévue par M. Eiffel qui a supposé qu'elle serait continue.

M. Bodin. Il y a une question d'impulsion.

M. Dallot. Cette impulsion est absolument négligeable.

M. le Président. M. Contamin a la parole.

M. Contamin voudrait dire seulement quelques mots, afin de bien établir l'accord entre les observations qui ont été présentées. Ce qui a été dit par M. Bodin est exact; les efforts moléculaires qui se développent dans les pièces, du fait de l'action des forces extérieures qui agissent sur elles, sont doublés lorsqu'on néglige leur masse et que ces forces au lieu d'agir graduellement, de manière à ne pas laisser prendre de mouvement vibratoire au système, exercent leur action en entier sur ce système. — Ces efforts moléculaires sont plus que doublés, lorsque ces actions sont exercées sur des systèmes déjà en mouvement. Mais lorsqu'on tient compte de la masse des pièces ces efforts n'augmentent pas dans des proportions aussi grandes et l'accroissement est d'autant plus petit que le rapport, entre le poids du corps subissant l'action des forces et ces forces, est grand.

C'est pour tenir implicitement compte des actions dynamiques et de celles produites par les variations de la température, que l'on calcule les pièces en fer des tabliers métalliques, en ne faisant intervenir qu'une fatigue de 6 kilogrammes par millimètre carré, dans les formules de résistance telles qu'on les applique.

On admet ainsi que, pour ne pas atteindre la limite d'élasticité qui est de 15 kilogrammes, il ne faut pas dépasser 6 kilogrammes, lorsqu'on applique des formules qui supposent l'action statique des charges et négligent l'action de la température.

Il convient de remarquer, en outre, que cet effort moléculaire de 6 kilogrammes, qui n'est composé que de l'effort dû à la charge permanente et de celui dû à la charge accidentelle, l'est généralement pour plus de la moitié de sa valeur par l'action due à la charge permanente. — Il résulte des chiffres cités que dans la tour de M. Eiffel, on admet des efforts de 10 kilogrammes par millimètre carré, composés pour moitié par la charge permanente, et pour l'autre par l'action du vent; c'est peut-être dépasser les limites admises, mais rien ne force à construire un pareil monument avec des matériaux d'une limite d'élasticité de 15 kilogrammes.

M. Sébillot a oublié de mentionner qu'il était impossible que la ville entière fut plongée dans l'obscurité, parce que toutes les machines sont indépendantes. Chaque foyer électrique aura sa machine spéciale. Dans les éclairages américains, il y a toujours une lampe à l'état d'extinction sur six : c'est tantôt l'une, tantôt l'autre; mais on obtient toujours la même moyenne d'intensité.

M. le Président remercie de nouveau tous les auteurs des observations qui viennent d'être développées.

MM. Belbezet, Netter et Pignant, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.

NOTICE

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS A SAINT-DENIS (SEINE) EN 1882-1883

POUR LA DISTRIBUTION DES EAUX

DU PUITS ARTÉSIEN DE LA DÉESSE

PAR M. PAUL GUÉROULT

NÉCESSITÉ D'UNE EAU POTABLE A SAINT-DENIS. — « La Seine, depuis Clichy-la-Garenne jusqu'aux abords de Poissy, est convertie en un vaste foyer de fermentation et d'infection et n'offre plus, dans cette partie de son parcours, qu'une eau impure à tous les usages domestiques, mortelle aux poissons, répandant à travers l'atmosphère des émanations fétides, et cela aux portes même de la capitale, au milieu des contrées luxuriantes, au pied des élégantes villas qui peuplent la splendide vallée de la Seine. »

A première vue, ces lignes écrites il y a quelques années par M. A. Durand Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, laisseraient supposer une tendance au paradoxe à leur auteur, dont la science pratique ne peut être mise en doute, et qui a consacré une grande partie de sa carrière à l'étude et l'exécution des travaux d'assainissement de Paris et du fleuve qui l'arrose.

Malheureusement, il est facile de constater la réalité en allant, par un jour d'été, se placer sur le pont de Saint-Ouen lorsque le niveau de la Seine est près de l'étiage. La simple vue du cours d'eau charriant péniblement un liquide épais, chargé de détritus de toute sorte, additionné des matières de vidange provenant des 25,000 fosses mobiles ou tinettes fonctionnant dans Paris, convaincra mieux encore que les

cris d'alarme de ceux qui se préoccupent des grandes questions d'hygiène.

Les débouchés des collecteurs de Clichy et de Saint-Ouen en amont, celui de Saint-Denis en aval, alimenté par le dépotoir de Bondy, sont les causes de cette contamination de la Seine, qui sert également de réceptacle aux liquides viciés provenant des nombreuses usines de produits chimiques et autres, où l'on fait subir divers traitements aux matières de vidange, et dont les émanations se perçoivent jusque dans l'intérieur de la capitale.

On connaît la couleur noirâtre et la composition des eaux d'égouts de Paris qui, d'après des analyses faites au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, donnent par mètre cube arrivant en Seine :

Azote.	0^{k} 045	en dissolution.
Autres matières volatiles ou combustibles (organiques en grande partie).	0^{k} 678	en dissolution.
Matières minérales diverses.	0^{k} 245	Id.
Id.	1^{k} 940	en suspension.
Total.	2^{k} 908	

sans préjudice des débris végétaux, cadavres d'animaux domestiques, etc., qui échappent à l'analyse.

Si on admet par jour une moyenne de 300 000 mètres cubes envoyés dans la Seine (déduction faite du volume refoulé dans la plaine de Gennevilliers), ce qui représente sensiblement le 1/20 du débit du fleuve au niveau de l'étiage, on est suffisamment édifié sur la nature de l'eau que l'on fait boire ensuite à toute une population de la banlieue de Paris, à la vérité moins difficile que les poissons dont M. Durand Claye cite la triste fin.

Les habitants de Saint-Denis, comme ceux de beaucoup d'autres communes très peuplées, telles que Saint-Ouen, Aubervilliers, Pantin, les Prés-Saint-Gervais, le Bourget, etc., ne sont pas dotés pour leur consommation privée, à l'exemple des Parisiens, d'une distribution spéciale des eaux fraîches et pures amenées à grands frais des sources de la Vanne et de la Dhuys.

La Compagnie générale des eaux, en vertu de traités passés avec un grand nombre de communes de la banlieue de Paris, jouit du privilège exclusif de la distribution et *de la vente* de l'eau hors Paris,

moyennant des conditions variables suivant les localités, mais son cahier des charges est à peu près muet sur la qualité de l'eau qu'elle doit fournir et, par malheur, celle qu'elle refoule au moyen de pompes à vapeur dans les communes citées plus haut se trouve être prise en Seine, précisément à un kilomètre en aval des débouchés des collecteurs de Clichy et de Saint-Ouen.

Il faut cependant reconnaître que l'on a cherché à rendre l'eau à peu près limpide, en lui faisant traverser une épaisse couche de gravier avant de pénétrer dans la conduite d'aspiration posée en tranchée au fond de la rivière.

Ce filtrage défectueux, et surtout trop rapide par l'effet de la charge d'eau au-dessus de la prise, n'arrête qu'une très faible partie des matières en suspension, et ne peut neutraliser les substances organiques fermentescibles et autres maintenues en dissolution, dont la provenance a été indiquée et que l'on retrouve en grande partie sous forme d'amas considérables de vase dans le réservoir de 15,000 mètres cubes situé à Saint-Ouen.

Ces temps derniers[1], au sujet de l'épidémie cholérique qui s'est abattue sur le midi de la France et dans le but d'en prévenir les effets dans notre région, quelques journaux se sont emparés de la circonstance pour critiquer sans mesure la manière de faire de la Compagnie générale des eaux, qui peut ne pas être exempte d'imperfections, comme toutes les grandes administrations, au nombre desquelles elle peut figurer à juste titre, vu que son réseau d'exploitation tend à s'étendre aujourd'hui sur toutes les régions de la France.

Mais, si les véritables causes et origines du choléra sont peut-être encore pour longtemps dans le domaine des hypothèses, on a pu néanmoins constater qu'il fait ses ravages plus particulièrement dans les villes qui sont dans des conditions déplorables d'hygiène et de salubrité — Marseille, Toulon, Arles, etc. — peuvent être citées comme exemple.

L'eau de bonne qualité distribuée d'une façon libérale dans l'intérieur des maisons et même gaspillée avec intelligence pour le lavage des rues et des égouts, sans distinction de quartiers, est, de l'avis de tous, le principal facteur d'assainissement d'une ville où la population est agglomérée. Il eût été difficile, à moins d'une procédure longue et

1. Août 1884.

dispendieuse, de contraindre une industrie privée qui fait, à ses risques et périls, le commerce de la vente de l'eau, à aller puiser cette eau en amont de Paris, lorsqu'il s'agit de desservir des localités en aval, et cela dans ce but de l'avoir plus pure. Quant à espérer la voir répandre ensuite à profusion dans l'intérêt de tous, ce serait une pure utopie, par la raison que la Compagnie générale des eaux est naturellement obligée, pour rentrer dans ses frais de première installation et d'exploitation, de faire payer assez cher à ses abonnés l'eau mesurée au mètre cube écoulé. De là, tendance à restreindre sa consommation, soit de la part des communes tributaires de la Compagnie générale des eaux qui reculent devant la dépense qu'occasionnerait un lavage complet des rues et des égouts, soit de la part de particuliers. De là, défaut d'hygiène publique et privée.

On compte à Saint-Denis 43 895 habitants, sur lesquels 25 000 appartiennent à la classe ouvrière ou peu aisée, c'est-à-dire des locataires de logements généralement insalubres et dont les propriétaires ne font pas la dépense d'un branchement et d'un abonnement aux eaux de la Compagnie.

La nécessité d'une eau potable pour les usages privés et donnée gratuitement à tous se faisait donc sentir. Dans le but de faire une œuvre libérale et de secouer un peu le joug de la Compagnie des eaux, la municipalité étudia la question et parvint à la résoudre avec assez de succès, en prenant comme point de départ un puits artésien, dont voici l'histoire en quelques mots.

Vers 1835, à l'angle de la rue de Paris et du cours Chavigny (voir plan général, pl. 97), on fora un puits artésien, qui fit jaillir 120 mètres cubes d'eau par 24 heures et alimentait une fontaine publique décorée d'une statue représentant une déesse quelconque, de là le nom de *puits artésien de la déesse*, qui lui est resté.

En 1878, c'est-à-dire quarante-trois ans après, le débit n'était plus que de 11 mètres cubes par 24 heures, soit 7^l,8 par minute au lieu de 83 litres, débit initial. Les causes de cette diminution progressive furent attribuées, en raison de certains indices extérieurs, au mauvais état du tubage. On fit appel à l'expérience de M. L. Drù, entrepreneur de sondages à Paris, qui exécuta un nouveau puits, moyennant une dépense d'environ 26 000 francs.

Nouveau puits artésien. — Comme garantie de succès, on reboucha

d'abord l'ancien puits, qui aurait fait communiquer entre elles toutes les eaux jaillissantes ou non. Au fur et à mesure de l'extraction des tubes, on tamponna de l'argile et des cylindres en bois tourné furent descendus, ce qui donna une obturation à peu près complète. Puis, à 15 mètres de l'ancien puits, on en fora un nouveau à l'emplacement indiqué, pl. 97.

Ce nouveau forage a traversé aux diverses profondeurs les terrains suivants :

Du niveau du sol à 13^{m},40 Alluvions anciennes de la vallée de la Seine.

de 13^{m} 40	à 25^{m} 50	Calcaire lacustre de Saint-Ouen.
de 25 50	à 36 25	Les sables moyens dits de Beauchamp.
de 36 25	à 56 60	Calcaire grossier supérieur.
de 50 60	à 70 35	— — inférieur.
de 70 35	à 120 00	Premiers sables du Soissonnais explorés jusqu'à 120 mètres.

Les sables purs de 96 mètres à 104 mètres de profondeur ont fourni la nappe jaillissante qui eut même son maximum de débit à 104 mètres, au lieu de 120 mètres de profondeur explorée.

La nappe est traversée par deux colonnes en cuivre de D = 0,140 et 0,090. La première soutenant la deuxième. Le tubage protecteur est en tôle goudronnée de 0,005 d'épaisseur, de D = 0,28 à la partie inférieure et D = 0,33 à la partie supérieure sur 45 mètres de hauteur.

L'intervalle entre les deux enveloppes est garni en ciment.

L'eau s'est élevée à 4^{m},40 au-dessus du niveau du sol extérieur et le débit du puits, mesuré à 1^{m},30 de profondeur, s'est maintenu jusqu'à ce jour à 765 litres par minute dans les réservoirs de captation, dont il sera question plus loin.

La température de l'eau est de 11°, ce qui lui permet d'être suffisamment fraîche en été sans devenir trop froide en hiver. — A l'hydrotimètre, elle marque 39°.

C'est un degré assez élevé, mais qui permet encore de classer dans les eaux potables. Elle a en outre l'avantage d'être exempte de matières organiques[1].

Pendant quelque temps, l'eau sortit entraînant avec elle une certaine quantité de sables et on dut renoncer à l'employer pour les usages domestiques. Mais peu à peu cet inconvénient cessa et on se trouva en présence d'une source abondante d'eau jaillissante dont on ne tira pas tout de suite tout le parti désirable, soit dans un but d'économie, soit dans la crainte de courir un alea.

La municipalité décida que la pression naturelle de l'eau servirait à faire couler des bornes-fontaines, dont le nombre et la distance du puits seraient calculés en raison du niveau statique de l'eau à 4^{m},40 au-dessous du sol et du nivellement du parcours à canaliser qui se trouvait sensiblement horizontal.

Le réseau de canalisation (tracé, pl. 97.) fait au moyen de conduites en fonte de D = 0,250, 0,200, 0,135, 0,100 et 0,050, avait un parcours de 1440 mètres qui comprenait le cours Chavigny, une partie du cours Benoist et de la rue de la Fromagerie, les rues de Paris, Fontaine et Petit.

Il servit à l'alimentation de 13 bornes-fontaines à écoulement continu, des urinoirs publics et de divers appareils installés au nouveau groupe scolaire, cours Chavigny, et à l'orphelinat de la rue de la Fromagerie. L'exécution de ce travail dont la dépense s'éleva à 24 000 francs, tout en réalisant une amélioration dans le service des eaux du quartier central de Saint-Denis, présentait un véritable exemple du gaspillage de l'eau.

Les bornes-fontaines et autres appareils coulant nuit et jour afin

1. A titre de comparaison, on peut citer les degrés hydrotimétriques de :

Puits de Grenelle	9°,5
Eau de la Seine, au pont d'Ivry	17°
— — à Chaillot	23°
— — à Saint-Denis	24°
— Dhuys à la source	24°
— Ourcq	30°
Source de Gennevilliers (épuration par le sol des eaux d'égouts de Paris)	40°

d'assurer un libre régime à l'eau du puits artésien, il s'ensuivait que, dans les intervalles de puisage faits par les habitants du quartier et surtout la nuit, cette eau se répandait dans les ruisseaux par les gargouilles.

Au point de vue de la propreté de la rue, il y avait là un avantage qui, quoique très appréciable, pouvait être mieux utilisé attendu que, comme il a été dit plus haut, la ville de Saint-Denis peut disposer des eaux de la Compagnie générale pour le service d'arrosage et de lavage des ruisseaux, sinon à son gré, du moins selon les ressources de son budget.

Deux années après, les finances de la ville ayant prospéré, la municipalité se préoccupa d'une amélioration à apporter à cet état de choses.

Tout indiquait que l'eau du puits artésien ne devait pas servir seulement aux besoins d'un quartier, mais bien de toute la population dans la limite du possible.

Ce principe admis et arrêté, M. Paul Laynaud, architecte de la ville, présenta à la municipalité un projet dont l'exécution fut approuvée et votée.

Ce projet consistait à amener toute l'eau donnée par le puits artésien dans deux réservoirs souterrains ou citernes de 200 à 300 mètres cubes de capacité effective de manière à l'emmagasiner pendant la marche et le chômage des machines élévatoires. Elle y parvient à sa température de 11 degrés et en raison de son renouvellement continuel, s'y maintient fraîche, même pendant les grandes chaleurs de l'été. Les deux citernes sont mises en communication par un tuyau d'équilibre de D = 0,350 munie d'un robinet-vanne permettant de les isoler.

Deux machines à vapeur avec pompes élévatoires pouvant marcher isolément et alternativement, refoulent l'eau dans un réservoir cylindrique en tôle de 160 mètres cubes, monté sur une tour en maçonnerie dont la hauteur permet de donner une pression suffisante pour le débit des appareils installés dans toutes les rues canalisées et pour monter aux étages de divers bâtiments municipaux nouvellement construits.

La dépense prévue s'élevant à 472 570 fr. 65 (décomposés comme suit), fut votée :

1er lot.	— Terrasse, maçonnerie, fumisterie	fr. 102737 98
2e lot.	— Charpente et battage des pièces	15017 32
3e lot.	— Couverture	4432 41
4e lot.	— Menuiserie	3879 10
5e lot.	— Serrurerie	8650 37
6e lot.	— Peinture, vitrerie	1631 37
7e lot.	— Briquetage, cheminées, conduits, fourneaux.	12990 36
8e lot.	— Canalisation intérieure de l'usine, réservoirs.	19573 54
9e lot.	— Canalisation extérieure pour l'installation des bornes-fontaines	258658 20
10e lot.	— Machines à vapeur, pompes, générateurs.	45000 00
	Total.	472570 65

Les travaux furent mis en adjudication le 8 octobre 1881 et donnés moyennant des rabais divers qui, en règlement de compte, ramenèrent la dépense au chiffre approximatif de 400 000 francs.

Les adjudicataires des principaux lots furent pour le 1er lot M. Baratin, entrepreneur de maçonnerie à Paris, — les 8e et 9e lots, M. Gaget-Gauthier et Cie, entrepreneurs de travaux hydrauliques à Paris, — le 10e lot, M. Rikkers, constructeur à Saint-Denis.

Usine hydraulique. — L'usine hydraulique a été construite sur un terrain appartenant à la ville, situé à 50 mètres du puits artésien. — Elle se compose de citernes de captation, du bâtiment des chaudières, machines et pompes, du réservoir ou château d'eau et de l'habitation du chauffeur-mécanicien. Cette disposition permet de mettre à la portée du chauffeur-mécanicien toutes les principales manœuvres de robinets que peut nécessiter le service des eaux de la ville.

Citernes. — L'eau jaillissante arrive dans les citernes par une conduite en fonte de $L = 72,65$ et $D = 0,250$, posée horizontalement à la suite d'un robinet vanne du même diamètre servant déjà pour l'ancien réseau et posé sur une tubulure pratiquée dans le tubage à $1^m,30$ au-dessous du niveau du sol.

Eu égard à la longueur de ce canal cylindrique, son diamètre est près du double de celui du tubage intérieur du puits, afin d'atténuer

toute perte de charge due au frottement de l'eau dans la conduite : point important de l'opération [1].

A son arrivée aux citernes, la conduite d'amenée forme un T dont chaque branche se déversant dans l'une d'elles est munie d'un robinet-vanne permettant de régler l'admission de l'eau soit dans les 2 citernes, ce qui est la marche normale, soit dans l'une ou l'autre en cas de besoin.

Les citernes ont été disposés afin de contenir 500 mètres cubes d'eau accumulés en réserve pendant le chômage nocturne des machines, de telle sorte que, lorsqu'on les met en marche le matin, elles puissent constamment enlever de l'eau jusqu'au soir, en tenant compte, bien entendu, du volume qui arrive continuellement à raison de 765 litres par minute, soit 45^{m3},900 à l'heure.

Elles sont construites en déblai sur un radier en béton de meulière concassée et mortier de ciment. Les voûtes en meulière et mortier hydraulique de 0^m,45 d'épaisseur, reposent sur des pieds-droits et des piles rectangulaires en maçonnerie de béton aggloméré en meulière concassée et ciment de Grenoble. — L'intérieur et l'extérieur sont recouverts d'un enduit de ciment de Portland de 0^m;04 d'épaisseur. une couche de terre de 0^m,60 d'épaisseur recouvre l'extrados des voûtes et un regard en permet l'accès à l'intérieur. Le nettoyage peut se faire pour ainsi dire instantanément au moyen d'une chasse d'eau évacuée ensuite par une conduite allant à l'égout de la ville et commandée par un robinet-vanne.

Pompes. — L'eau des citernes est élevée à 20 mètres par 2 pompes du système horizontal à double effet, aspirantes et foulantes. Elles sont montées sur un bâti en fonte et reçoivent leur commande d'un arbre horizontal portant une roue à alluchons dont le diamètre est 5 fois plus grand que celui du pignon en fonte calé sur l'arbre du volant de la machine. L'aspiration a lieu au moyen de deux tronçons de conduite de D = 0,250 se réunissant en une seule pour bifurquer ensuite au moyen d'une fourche vers chaque pompe. Chaque tronçon

1. Pour un débit de 12 l 75 par 1″, la perte de charge est de : (D'après les tables de Prony) :

Avec D = 0,250	0,00042 × 72.65 = 0^m,0305.
Avec D = 0,140	0,007 × 72.65 = 0^m,50000.

d'aspiràtion plongeant dans les citernes est munie d'une crépine, d'un clapet de retenue et d'un robinet-vanne d'arrêt.

L'eau refoulée, avant de se rendre au réservoir, passe par un réservoir d'air en fonte, d'une capacité de 2 mètres cubes.

TRAVAIL DES POMPES.

Diamètre en piston	0,400
Course	0,800
Nombre de tours de la machine par 1′	50
Rapport des engrenages	1/5
Nombre de coups de piston par 1′	10

Le volume engendré par minute est 2 009 litres correspondant à un rendement de 1500 litres, soit 74.6 pour 100 d'effet utile.

Machines. — Les pompes élévatoires sont mises en mouvement chacune à leur tour par deux machines d'égale force (12 chevaux), à détente variable par régulateur et à condensation, disposées de telle sorte qu'il n'y ait toujours qu'une machine et une pompe marchant ensemble.

Les cylindres des machines sont à circulation de vapeur et à double enveloppe acajou et feutre. Sur le bâti de la machine, en prolongement du cylindre, sont placées les pompes à air.

La force effective de 12 chevaux est produite facilement par une admission au 1/15, la machine marchant à 50 tours. Les tiroirs de distribution du système Rikkers portent des lumières hélicoïdales laissant varier de 0 à $0^{m},700$ (course du piston), l'introduction de la vapeur au cylindre suivant la position du régulateur.

Le mouvement alternatif des tiroirs est déterminé par deux bielles attelées à deux tourillons excentrés fixés à l'extrémité de l'arbre manivelle. L'échappement peut se faire à air libre ou par le condenseur qui fonctionne avec $0^{m},70$ de vide. Ces machines ont été essayées à 25 chevaux effectifs sans que la vitesse de 50 tours ait été dépassée.

Chaudières. — La vapeur est produite par deux générateurs marchant toujours isolément et timbrés à $6^{k},500$. Chaque chaudière com-

porte deux bouilleurs et un réchauffeur de l'eau d'alimentation dont voici les dimensions, représentant 30 mètres de surface de chauffe :

Chaudière D = 0,910 L = 4^{m},70
Bouilleurs D = 0,500 L = 5^{m},20.

Les dômes de vapeur de D = 0,600 et H = 0,700 sont munis de 2 soupapes de sûreté et de deux flotteurs magnétiques portant deux sifflets avertisseurs de trop-plein et de manque d'eau. — Ces chaudières sont établies dans un massif de maçonnerie de briques réfractaires et possèdent chacune un registre régulateur du tirage fait par une cheminée en briques de 25 mètres de hauteur.

L'installation des pompes, machines et chaudières à coûté 35 000 francs.

Réservoir chateau d'eau. — Le réservoir alimente deux services distincts : 1° la ville proprement dite (réseau tracé sur le plan général au $\frac{1}{4000}$, pl. 97) ; 2° le quartier de la Plaine-Saint-Denis ou avenue de Paris qui commence aux fortifications de Paris (porte de la Chapelle) et se termine à la porte de Paris, entrée de Saint-Denis. — Ce dernier parcours est en surelévation du plan général de la ville, considéré comme sensiblement de niveau à la cote 31.18 (pied du réservoir).

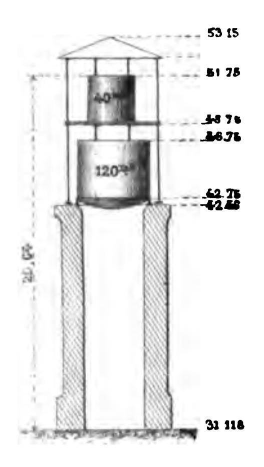
Le nivellement de l'avenue de Paris donne :

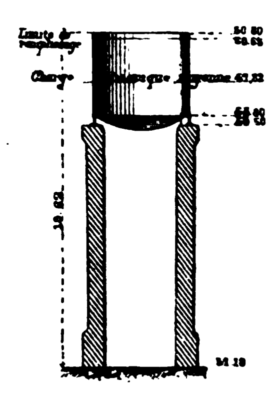
(40.19) sur le pont du canal Saint-Denis,
(38.15) sous le pont de Soissons,
(40.20) au point extrême à alimenter.

Il y avait donc lieu de rechercher la hauteur à donner à la tour supportant le réservoir sans arriver à l'exagérer.

Le projet officiel comportait deux réservoirs en tôle superposés, l'un inférieur de 120 mètres cubes destiné au service de la ville, l'autre supérieur de 40 mètres cubes devant faire la distribution haute de la Plaine, et placés tous les deux suivant les altitudes ci après dans le but de ne pas élever toute l'eau du puits à une trop grande hauteur en vue d'un service restreint.

Cette installation permettait il est vrai, de donner partout une charge suffisante, mais elle présentait un grand inconvénient au point de vue du montage d'une fontainerie qui eût nécessité un double système de conduites de diamètres variant entre 0m,200 et 0m,300 pour refoulement, trop-pleins, départs et vidanges, lesquelles en traversant les réservoirs eussent accaparé plus du dixième de leur capacité théorique. De plus, cette complication de conduites aurait demandé une attention trop soutenue de la part du chauffeur-mécanicien pour surveiller le remplissage et la vidange rapides de chaque réservoir et eût nécessité des manœuvres continuelles de robinets afin d'éviter les pertes d'eau par les trop-pleins, lesquels, en réalité, n'étaient dans le





cas actuel qu'une simple mesure de précaution et ne devaient pour ainsi dire jamais fonctionner.

Pendant l'exécution des travaux, on chercha à améliorer cette disposition que l'on réduisit à un simple réservoir en tôle cylindrique et à fond sphérique d'une capacité effective de 160 mètres cubes. La tour en maçonnerie fut surélevée de 1m,75, ce qui porta sa hauteur à 13m,32 au-dessus du sol. En prenant comme charge théorique moyenne la demi-hauteur d'eau dans le réservoir en tôle, c'est-à-dire la cote 47,32, on arrivait à avoir au point extrême à alimenter près des fortifications de Paris une charge effective de 47,32 — (40,20 + 1,26 de perte de charge) = 5m,86, pression bien suffisante pour le but que l'on voulait atteindre. Elle fut calculée en se basant sur le débit supposé continu de 11 bornes-fontaines réglées à 1 litre par seconde et suppo-

sées espacées depuis le pont du canal jusqu'aux fortifications, sur un parcours de 2 891 mètres sur l'avenue de Paris qui n'est guère construite que sur 1 800 mètres.

Les diamètres employés et qui ont servi à établir le calcul sont, en partant du réservoir cours Chavigny :

0,250	sur 2 000	mètres	de longueur.
0,200	1 000	—	—
0,200	1 000	—	—
0,125	400	—	—

Le réservoir actuel n'est en réalité qu'un relai. Eu égard à son volume et au mouvement continuel de l'eau qui n'y séjourne pas, il n'y avait pas lieu de redouter l'action de la température extérieure ; ce qui a dispensé, dans un simple but d'économie, de le protéger par une enveloppe isolatrice.

En augmentant la hauteur d'élévation d'eau, le vice de n'avoir qu'une seule conduite de refoulement, l'excédent de dépense de combustible représentant tout au plus 1 cheval-vapeur, soit 21k,6 de charbon par journée de 12 heures, étaient largement compensés par l'économie résultant de la suppression d'un double système de conduites et d'un pylône fer et fonte que l'on pouvait évaluer à 8 000 francs, puis par l'avantage d'une réserve d'eau plus grande à une altitude plus élevée permettant dans l'avenir des extensions de réseau de distribution.

Distribution des eaux. — L'eau du réservoir se rend dans les différents quartiers de la ville par des conduites en fonte dont la longueur totale est de 14 345m,53 représentés par :

3 099m50	de diamètre =	0,250
2 055	»	0,200
1 000	»	0,150
300	»	0,135
3 106m74	»	0,125
325	»	0,100
2 648m02	»	0,080
455	»	0,060
1 356m27	»	0,040

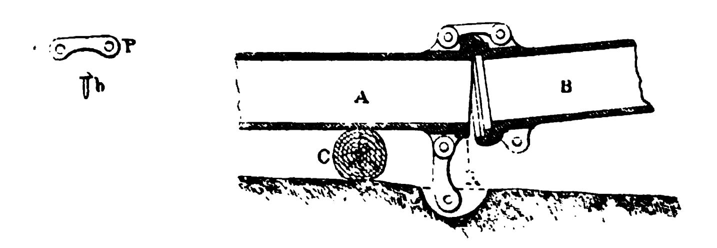
Les conduites sont commandées par 62 robinets d'arrêt, dont 30 robinets-vannes. Ces derniers placés sur les diamètres supérieurs à $0^m,080$.

Les diamètres des conduites ont été calculés de manière à ne donner sur leur parcours que des pertes de charge relativement faibles afin de se réserver la latitude, soit de les prolonger, soit d'augmenter le nombre des appareils sur les parcours existants.

Ainsi que l'indique le plan général, les conduites principales (pl. 97) forment une ceinture de laquelle partent les conduites secondaires. En cas de réparation, une conduite transversale allant du boulevard Châteaudun à la place Lanne permet, au moyen d'une manœuvre de robinets, d'alimenter le reste du service.

Les tuyaux employés sonts à joints élastiques du système Petit dont la société des hauts fourneaux et fonderies de Brousseval (Haute-Marne) a la spécialité de la fabrication.

La raison qui les a fait adopter est de coûter *tout posés*, 20 pour 100



meilleur marché que les tuyaux à emboîtement et cordon (type de la ville de Paris) avec joints à la corde goudronnée et au plomb coulé et maté. Le joint des tuyaux système Petit se fait en plaçant une rondelle en caoutchouc R autour du cordon du bout mâle (Tuyau A) maintenu un peu en l'air au moyen d'une traverse en bois C.

On présente le tuyau B par le bout femelle, vis à vis la partie qu'il doit recouvrir, en le soutenant au moyen d'une patte en fer P prise entre les deux oreilles venues à la fonte et maintenue par deux broches en fer *b*. On fait ensuite abatage de manière que les trous de la partie inférieure coïncident avec ceux des oreilles et le serrage est fait par des broches en fer légèrement coniques que l'on enfonce à coups de marteau.

Cette façon rapide d'un joint permet à une équipe de deux hommes de poser jusqu'à 200 mètres par jour de conduite de $D = 0^m,200$ et cons-

titue la véritable économie à laquelle vient s'ajouter celle provenant d'une diminution dans les épaisseurs courantes fixées par le service des eaux de la ville de Paris. C'est pourquoi il est bon de dire que, dans bien des usines qui fabriquent les tuyaux d'eau forcée, à joints élastiques, il est d'usage de les vendre au *mètre courant* compris garnitures de joints (système breveté) et non au poids.

Si les tuyaux à joints élastiques du système Petit présentent des avantages réels pour les petits diamètres devant supporter de faibles pressions (c'était le cas à Saint-Denis), ils ont, d'une manière générale, l'inconvénient de manquer précisément d'élasticité.

Il faut admettre dans la pratique des travaux, qu'eu égard à sa rapidité de pose, une conduite d'eau placée en tranchée est toujours exposée à subir des mouvements dus aux causes extérieures, telles que négligence de calage suffisant de la génératrice du tuyau en contact avec un fond de tranchée imparfaitement dressé, passage de voitures fortement chargées sur des remblais tassés insuffisamment et enfin fuites d'eau ravinant le terrain avant de se manifester à l'extérieur.

Dans le cas des tuyaux à emboîtement et cordon, tout effort en un point de la conduite se manifeste sur un ou plusieurs joints au plomb qui travaillent isolément et peuvent, en fléchissant, donner lieu à une fuite plus ou moins forte qu'un simple matage suffit à étancher. Avec les joints en caoutchouc du système Petit, rendus étanches au moyen d'un serrage de clavettes sans préjudice d'une forte adhérence du caoutchouc à la fonte résultant d'une décomposition chimique (sulfure de fer), tous les tuyaux sont solidaires et, en cas d'effort dû à une des causes indiquées ci-dessus, une fuite se produit par suite de la rupture des points faibles, tels qu'oreilles en fonte du tuyau ou pattes en fer, dont les trous s'ovalisent préalablement. La réparation est alors relativement coûteuse, vu qu'elle demande l'extraction et le remplacement du tuyau avarié ainsi que l'addition d'un manchon rond.

Ces genres d'accidents sont généralement fréquents dans les premiers mois qui suivent la mise en service des eaux et disparaissent peu à peu lorsque les conduites ont bien pris leur position.

Appareils de distribution. — L'eau est donnée aux habitants par 60 bornes-fontaines en fonte, à robinet à repoussoir du système Chameroy s'ouvrant par pression maintenue sur le bouton et se fermant automatiquement. Le débit de chaque borne est réglé à raison de

25 litres par minute au moyen d'un robinet d'arrêt placé sous bouche à clef au pied de chaque appareil. Par une simple rainure pratiquée à la clef, ce robinet peut également servir en cas de forte gelée, à vider l'eau contenue dans le mécanisme et la tuyauterie intérieure de la borne-fontaine.

Si l'on admet que les 60 bornes coulent en permanence, elles débitent $25^{l} \times 60 = 1\,500$ litres à la minute, c'est-à-dire le volume élevé par les machines dans le même temps. Mais, dans la pratique, les puisages ne sont fréquents qu'à certaines heures du jour et en prenant pour base d'intermittence une heure sur deux, il reste disponible un volume de 750 litres par minute soit 543 mètres cubes par jour.

Au lieu de prolonger de suite le réseau de distribution dans les quartiers les plus excentriques, la municipalité préféra faire l'économie d'abonnements à la Compagnie générale des eaux et utilisa ce volume d'eau au lavage permanent de 18 urinoirs publics, à l'installation de 24 bouches d'incendie à la lance pouvant servir au besoin au lavage des ruisseaux et au remplissage de tonneaux d'arrosage, puis à l'alimentation intérieure de l'Orphelinat de la rue de la Fromagerie, de l'asile de la route de Gonesse et des écoles communales cours Chavigny et Ragot, représentant une agglomération de plus de 1 200 enfants des deux sexes.

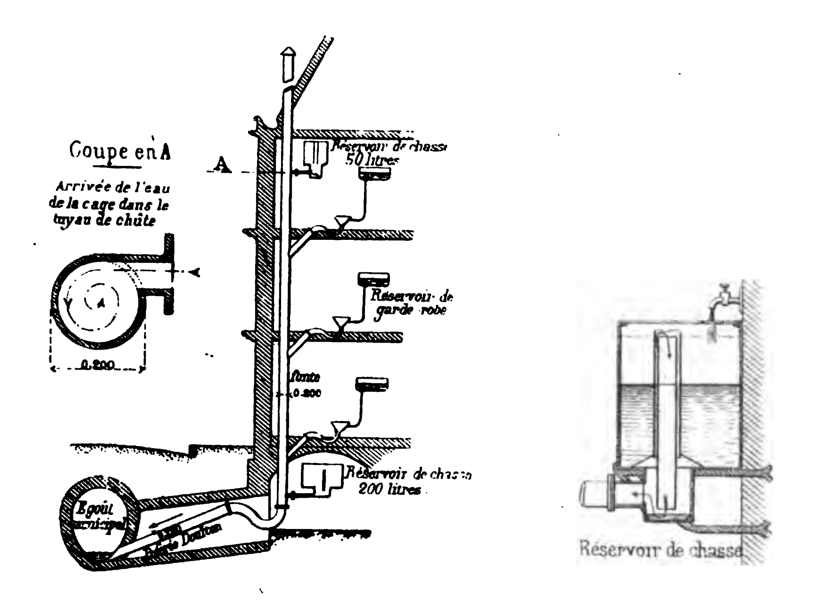
Rien ne fut négligé dans l'installation de la plomberie intérieure de ces constructions pour les doter, en vue de l'hygiène, d'une abondante distribution d'eau. Pour ne citer qu'un exemple, le groupe scolaire du cours Ragot possède 24 lavabos, 2 fontaines dans les cours, 4 bouches d'arrosage, 6 urinoirs et 20 garde-robes à irrigations continues, enfin des postes d'eau à chaque étage. A cela vient s'ajouter l'alimentation d'eau du nouvel hôtel de ville de Saint-Denis, édifice remarquable dans le style seizième siècle, œuvre de M. Paul Laynaud, architecte.

Application du « tout a l'égout. » — On fit dans cet édifice une application du principe ou système dit : « Tout à l'égout » qui semble appelé à produire un bouleversement complet dans le *modus vivendi* des habitants de Paris, grâce aux efforts persévérants de son promoteur M. A. Durand-Claye, dont le nom a déjà été cité.

La disposition de la plomberie intérieure de l'hôtel de ville de Saint-

Denis serait en principe la même que celle proposée pour toutes les maisons de Paris.

Elle consiste pour chaque aile de bâtiment en un tuyau de chute en fonte de D $=0^m,20$ portant à chaque étage un branchement pour garde-



robe en regagnant ensuite l'égout par des tuyaux en poterie Doulton formant siphon afin d'intercepter le passage des odeurs de l'égout.

Les matières fraîches ne doivent jamais séjourner dans le siphon ni adhérer aux parois de la conduite. A cet effet des réservoirs de chasse d'une capacité de 50 litres en haut et 200 litres en bas se remplissent lentement pendant 4 ou 5 heures suivant les cas, au moyen d'un petit robinet constamment ouvert et, une fois pleins, le siphon intérieur s'amorce et vide en quelques secondes le volume d'eau accumulé petit à petit dans le temps ci-dessus. Cette trombe d'eau intermittente nettoie ainsi de haut en bas l'intérieur du tuyau de chute et, par son poids, pousse et entraîne le contenu à l'égout. Chaque garde-robe est munie à son tour d'un siphon obturateur et le lavage de la cuvette se fait par un appareil ordinaire à effet d'eau.

En tant qu'application isolée, cette installation faite dans un édifice habité par 40 personnes a donné jusqu'à ce jour de bons résultats au point de vue du fonctionnement et n'a jamais laissé percevoir la moindre trace d'odeur.

Mais d'une simple expérience, il serait imprudent de tirer une conclusion sur l'avenir possible du tout à l'égout. Le cadre de cette notice ne se prête pas à des considérations développées ni à des appréciations personnelles sur cette question à la fois complexe et délicate qui, du reste, a été en son temps l'objet d'études sérieuses et de discussions approfondies à la Société des Ingénieurs civils.

Enfin pour terminer, il peut être intéressant d'indiquer l'établissement du prix de revient approximatif du mètre cube d'eau distribué gratuitement à Saint-Denis à raison d'une moyenne de 25 litres par jour et par habitant.

Intérêts à 5 pour 100 l'an du capital de 450 000 francs employé pour travaux anciens et nouveaux. . . .	22 500 francs.
Charbon, 160 tonnes estimées en chiffres ronds. . .	4 500
Appointements d'un chauffeur-mécanicien.	2 400
— d'un fontainier.	2 000
Frais divers. Entretien de l'usine et de la canalisation. Amortissement.	13 600
Total.	45 000

Les machines et pompes travaillant 12 heures par jour peuvent élever 394 200 mètres cubes d'eau par an, ce qui fait ressortir le mètre cube distribué à

$$\frac{45\,000^{f}}{394\,000} = 0^{f},114$$

La Compagnie générale des eaux fait payer 20 francs par an à Saint-Denis, l'abonnement minimum de 60 litres par jour, soit 0 fr. 91 le mètre cube représentant un écart de 87,4 pour 100 sur le prix de revient ci-dessus ; ce qui tendrait à démontrer que, dans certains cas, les villes comprenant bien leurs intérêts peuvent avoir un avantage réel à étudier et faire elles-mêmes leurs travaux de distribution d'eau.

Octobre 1884.

NOTE

SUR

LE NOUVEAU PORT DE TRIESTE

PAR M. **Frédéric BÖMCHES.**

Parmi les grands travaux publics exécutés dans ces dernières années en Autriche-Hongrie, ceux du port de Trieste méritent l'attention des ingénieurs, en raison des procédés nouveaux qu'il a fallu employer pour la fondation des murs de quai. C'est sans doute cette raison qui a décidé notre cher ancien président, M. *Gottschalk*, de mettre la visite des travaux du port de Trieste sur le programme du voyage d'études fait en Autriche-Hongrie en juin 1876 par les membres de la réunion des chefs de service des chemins de fer français, tous membres de notre Société. C'est à la suite de cette visite de travaux, que j'ai eu l'honneur d'adresser à la Société, une note sur le port, dont M. *Chabrier* a bien voulu donner lecture dans la séance du 2 mars 1877.

En rappelant les points principaux de cette note, je me bornerai à parler en détail de la situation du nouveau port, de la nature du terrain sous-marin et du système de construction.

C'est à feu M. *Paulin Talabot* qu'est dû le premier projet du nouveau port de Trieste, proposant la transformation de la rade entière en un port fermé. Il fut présenté à Sa Majesté l'empereur d'Autriche en 1862 et servit de base aux études approfondies faites par les soins du gouvernement autrichien. Ces études aboutirent à un projet moins vaste, mais répondant mieux aux besoins et aux ressources du moment. Il fut arrêté définitivement avec les modifications proposées par M *Hilaire Pascal*, alors ingénieur en chef des ponts et chaussées à Marseille.

D'après ce projet, modifié encore pendant son exécution, le nouvel établissement maritime occupe la moitié nord-est de la rade (voir pl. 98)

et consiste dans la construction de trois vastes bassins. Les deux premiers, abrités contre les vents du large par une digue extérieure, sont mis en communication par un large chenal ménagé entre les extrémités des môles et la digue. Le troisième bassin, affecté spécialement au pétrole, est entièrement séparé des deux autres. Enfin, les travaux du nouveau port ont nécessité la déviation des deux torrents Martesin et Klutsch, qui débouchaient dans la partie de la rade à transformer.

Reste à mentionner que la situation créée par l'établissement du nouveau port, a eu pour conséquence la démolition de l'ancienne gare placée à 10 mètres au-dessus du niveau de la mer et la construction d'une nouvelle gare située en partie sur l'emplacement de l'ancienne et en partie sur les terrains gagnés sur la mer.

Grâce à cet ensemble de travaux, le commerce se trouve en possession (voir pl. 98, fig. 1) de 24 hectares de terrains placés le long des quais, de trois môles de 215 mètres de longueur et de 80 à 90 mètres de largeur, donc assez larges pour pouvoir recevoir des hangars abris et les voies de fer et de terre convenables, des quais ayant une longueur totale de plus de 3 kilomètres, avec un tirant d'eau minimum de $8^m,50$ au-dessous du zéro (moyenne des marées basses).

L'exécution des travaux a été confiée par l'administration de l'État impérial et royal à la Compagnie des chemins de fer du sud de l'Autriche par un traité à forfait, s'élevant à la somme de 36 135 000 francs. Les travaux commencés en 1867 par M. E. Pontzen, ont été repris en mai 1869 par M. F. Bömches qui les a dirigés depuis cette époque jusqu'à leur terminaison. L'exécution des travaux, commencés avec des entrepreneurs, se fit à partir de 1874 en régie par la Compagnie du sud.

Le fond de la mer est uniquement composé de vase noirâtre et liquide dans les couches supérieures, plus consistante dans les parties inférieures et se transformant enfin dans des profondeurs de 15 à 20 mètres, en argile plus ou moins compacte et contenant des traces de sable. Les sondages n'ayant pas été poussés plus loin, je ne saurais préciser la puissance de la couche de vase.

Le relevé des profondeurs d'eau a constaté la descente du fond vers le large, atteignant le plus grand tirant d'eau de 16 à 17 mètres, à l'emplacement de la digue. A l'emplacement des môles, le fond présentait une pente variant de 66 à 27 millimètres par mètre et il se trouvait de 8 à 12 mètres sous le niveau de la mer.

Tel serait l'état du fond résultant des sondages. Mais l'expérience acquise pendant les travaux par les glissements et avancements horizontaux des remblais démontre d'une manière incontestable que, dans les temps reculés, le fond de la mer présentait un certain nombre d'entonnoirs de forme irrégulière et fort étendus, lesquels ont été remplis dans le cours des temps par les alluvions des deux torrents Klutsch et Martesin, de manière à produire à la fin le fond à pente douce et régulière constaté par le relevé.

Cette situation topographique du terrain à l'emplacement du nouveau port, inconnue au début des travaux, n'a été constatée que par l'expérience acquise pendant leur exécution.

Sur un terrain tel qu'il a été rencontré à Trieste, la fondation sur pilotis est exclue. Car les pieux devraient atteindre de très grandes profondeurs et ne garantiraient nullement la stabilité de l'ouvrage, vu la puissance extraordinaire de la couche de vase. De même la fondation pneumatique doit être repoussée à cause des frais excessifs résultant de la profondeur énorme à laquelle le terrain solide sera rencontré. Reste comme le seul moyen à la fois efficace et économique, l'emploi des enrochements pour améliorer le terrain par l'introduction de bons matériaux afin de préparer une fondation solide aux murs de quai construits en blocs artificiels. Après avoir entouré le môle de murs, on apporte les remblais ordinaires dans l'enceinte ainsi préparée. (Voir les profils de la planche 98.)

Ce procédé, appliqué depuis longtemps en France, a été suivi au premier môle, sans cependant conduire à de bons résultats. Il y avait des déplacements considérables malgré l'emploi presque exclusif du calcaire même pour les remblais de l'intérieur. Ces mouvements avaient pour conséquence de changer les alignements des murs de quai et d'altérer les profils établis conformément au projet.

Cet état des choses conduisit à remanier les murs de blocs sur toute leur longueur, pour rétablir les conditions de stabilité et les alignements.

A la suite de l'expérience acquise au premier môle, on apporta des modifications essentielles au système. On dragua une cunette pour y loger la digue sous-marine, on augmenta le profil des enrochements, on établit une couche générale de matériaux calcaires sur toute la largeur des môles et enfin on ne construisit les murs en blocs, qu'après coup, c'est-à-dire après l'achèvement des remblais. Cependant il faut

constater que, malgré l'introduction des modifications indiquées, il n'était guère possible d'empêcher complètement l'altération des alignements.

Il convient de parler ici d'un autre élément contribuant encore au dérangement de ces alignements. C'est le dragage exécuté postérieurement au pied des murs, pour enlever la vase soulevée par suite de l'enfoncement des remblais. L'enlèvement de ce contre-poids venait en aide à la poussée latérale, exercée par le prisme des remblais (exécutés après coup) derrière les blocs et facilitait ainsi le mouvement des murs dans le sens horizontal. Pour diminuer autant que possible ce mouvement latéral et pour le transformer en un tassement vertical (nullement nuisible), on apporta une dernière modification au système général. On augmenta le poids du mur en blocs par la superposition de trois rangées de blocs, dits de surcharge et par l'établissement des contreforts formés par des massifs composés d'au moins quatre blocs.

Ces modifications apportées au mode d'exécution du deuxième et du troisième bassin n'ont pas été appliquées à la digue. Le plan presque horizontal du fond, les grandes profondeurs d'eau, la symétrie du profil, l'emploi presque exclusif de blocs naturels et enfin l'exécution presque entière du corps de la digue avant la pose des blocs ont donné lieu à la descente verticale de l'ouvrage, sans avoir produit des mouvements latéraux. (Voir pl. 98, fig. 3.)

Voici quant à la digue. Les autres parties de la construction, constituant le nouveau port sont : les deux grands bassins, le terre-plein le long des quais de rive, le bassin à pétrole, enfin les torrents Martesin et Klustch.

La déviation des deux torrents n'a pas offert de difficultés sérieuses, vu que les fondations ont été faites en terrain solide. Ainsi ne fais-je que mentionner ces deux ouvrages. (Voir pl. 98, fig. 4.)

Quant aux autres ouvrages, les procédés suivis pour leur exécution sont amplement décrits dans la note précédente insérée *in extenso* dans les mémoires de notre Société. (Voir pl. 98, fig. 5, 6, 7.)

Je me borne donc à confirmer aujourd'hui que lesdits procédés ont parfaitement suffi pour vaincre les difficultés considérables, causées par le fond vaseux de la mer, et pour conduire à bonne fin les deux travaux spéciaux du nouveau port de Trieste, savoir : *la reconstruction des murs de blocs* et *l'approfondissement des bassins*.

Il me reste à vous donner quelques chiffres sur la quantité des tra-

vaux exécutés de même que sur les époques d'ouverture des parties du port. Voici le cube total des travaux exécutés :

Remblais......................	3 260 000	mètres cubes
Enrochements	1 400 000	—
Murs de blocs........................	106 700	—
Murs de couronnement................	35 000	—
Dragages pour logement des enrochements	417 000	—
Dragages pour l'approfondissement des bassins...........................	780 000	—

L'époque de la terminaison des ouvrages, savoir leur remise à la navigation, était comme suit :

pour la digue du large........	l'année	1874
pour le bassin I..............	—	1876
pour le bassin II.......... ...	—	1879
pour le bassin à pétrole.......	—	1882

La pose de la dernière pierre a eu lieu le 19 décembre 1883.

Je ne puis cependant terminer le chapitre de la construction sans traiter en quelques mots un détail caractéristique des travaux de Trieste, savoir les *tassements ultérieurs* que les ouvrages ont subi depuis leur achèvement. Ces tassements sont de nature générale et s'étendent sur toute la surface de l'ouvrage, lequel subit un abaissement lent et plus ou moins uniforme, sans qu'il se produise des fissures, ni dans la maçonnerie, ni dans les remblais.

Les tassements verticaux constatés depuis l'achèvement des ouvrages s'élèvent en moyenne :

					m
Digue du large....	avant l'exhaussement	(1874 à fin	1884)	à	0.61
	après l'exhaussement	(1881	1884)		0.12
Premier môle.....	quai Nord..........	(1875	1884)		0.56
	Sud...........	(1875	1884)		0.45
	de tête........	(1875	1884)		0.67
Deuxième môle....	Nord..........	(1876	1884)		0.46
	Sud...........	(1877	1884)		0.55
	de tête........	(1876	1884)		0.64
Troisième môle....	Nord..........	(1878	1884)		0.37
	Sud...	(1880	1884)		0.41
	de tête:.......	(1879	1884)		0.43
Premier quai de rive..................		(1875	1884)		0.43
Deuxième quai de rive................		(1880	1884)		0.24
Bassin à pétrole...	quai de rive........	(1882	1884)		0.18
	môle de côté........	(1883	1884)		0.15
	môle de tête........	(1883	1884)		0.26

Il résulte des relevés faits régulièrement tous les ans (voir planche 99) que les tassements vont en diminuant avec le nombre d'années. Il est donc permis d'espérer qu'ils cesseront complètement dans quelque temps ; — un fait, du reste, qui a été constaté par l'expérience relative aux anciens ouvrages de la rade, dont les tassements ont duré également pendant une série de 8 à 10 ans.

Le tassement maximum s'est produit à la digue du large, dont le mur de couronnement a été établi à la cote juste du programme, savoir à 2 mètres au-dessus des basses mers. Aussi fut-on forcé de relever l'ouvrage tout entier par l'adjonction de plusieurs assises de pierre de taille ; — ce qui a été exécuté en 1881.

Quant aux autres murs de quai des rives et des môles, ils ont reçu un surhaussement de $0^m,30$ à $0^m,60$, pour tenir compte des tassements prévus, de manière à ne pas avoir besoin de relever leur niveau après coup.

Je n'ai fait jusqu'ici que compléter la note de 1877 qui ne traite que la construction du port.

Or, la construction ne constitue qu'une partie de l'établissement d'un port. L'autre partie, pas moins importante, concerne son aménagement, savoir l'organisation, l'outillage et la réglementation de ses bassins. Je n'ai pas besoin d'insister sur l'importance de la question.

L'aménagement des ports a été l'objet de communications nombreuses au sein de notre Société, de la part de MM. *de Coëne*, *Jules Gaudry*, *Barret*, *Bert*, etc.

Ces communications avaient pour but d'appeler notre attention sur l'insuffisance des moyens d'exploitation dans les ports indigènes, comparés aux procédés employés en Angleterre et en Hollande. Le besoin d'introduire dans les ports français les meilleurs types des installations employées dans les pays étrangers a été reconnu. Le gouvernement français n'a pas tardé à charger en 1878 deux ingénieurs distingués, MM. *Plocq* et *Laroche*, d'une étude sur les principaux ports de commerce de l'Europe septentrionale. Cette étude publiée, il y a deux ans, par ordre de M. le ministre des Travaux publics, complète d'autres publications de date plus ancienne, comme la note sur l'aménagement des ports de commerce de M. *Barret*, les bulletins de notre Société, les annales des ponts et chaussées et autres. Ainsi, la littérature française possède grand nombre de documents instructifs, dans

lesquels les ingénieurs étrangers peuvent puiser tous les renseignements nécessaires pour les installations les plus parfaites, servant à l'exploitation d'un port moderne.

Rien ne paraît plus facile que de suivre les disciplines consacrées ailleurs par la pratique. Cependant il faut compter avec les habitudes du pays, la tradition des anciens procédés, les usages commerciaux, le bon marché de la main d'œuvre et autres éléments de la localité, dont l'ensemble empêche le plus souvent l'ingénieur dans les pays étrangers, d'adopter même le meilleur des systèmes. Vu ces circonstances, le plus sage, c'est de ne faire l'installation pour l'aménagement qu'à titre d'essai et de la limiter à une partie du port seulement, pour acquérir de l'expérience qui servira de guide pour l'introduction postérieure des modifications reconnues nécessaires pour les parties restantes. Voilà ce qui s'est fait à Trieste.

La question d'aménagement n'y a pu être résolue avant l'exécution des deux grands bassins et avant l'établissement de la nouvelle gare, attendu que la plus grande partie de cette gare se trouve sur les remblais du port. Les travaux de la nouvelle gare consistent dans l'abaissement de l'ancienne gare de 10 mètres à environ 3 mètres au-dessus de la cote zéro (niveau des quais) et dans la construction des voies et des bâtiments pour le service des voyageurs, des marchandises et des machines. La gare et les bassins étant terminés dans les années de 1878 et 1879, on s'est immédiatement occupé des travaux relatifs à l'aménagement du port.

Ces travaux exécutés suivant le plan et d'après les types approuvés par le gouvernement embrassent la construction des hangars et entrepôts de même que l'établissement des grues à vapeur, servant au chargement et au déchargement des marchandises. (Voir pl. 98, profils.)

Il y a deux hangars établis sur le môle II occupant une surface de.	2 700^{m2}
Et six magasins établis le long des quais avec la surface de	26 600 »

Les grues à vapeur mobiles sont au nombre de 6, dont 4 à 3 et 2 à 1 1/2 tonneaux de puissance, et enfin le développement des voies

ferrées dans l'étendue du nouveau port atteint la longueur de 7 kilomètres.

La construction des édifices se faisait par les soins d'une compagnie spéciale dite : des magasins généraux de Trieste et celles des voies et des grues par la Compagnie des chemins de fer du sud, vu que la première se charge de l'administration des hangars et des entrepôts et que la seconde fait aux frais de l'État le service de la traction sur les voies du port, étant en communication directe avec celle de la gare voisine.

Par le dernier moyen, le chemin de fer livre et reçoit la marchandise sur les quais publics, comme il le ferait dans une de ses gares. La nécessité de centraliser dans une même main les manœuvres et la manutention des marchandises sur les voies desdits quais s'accentue encore davantage, lorsque ces dernières desservent un ou plusieurs môles. Dans ce cas, en effet, pour éviter un encombrement préjudiciable, il faut que les wagons destinés aux môles soient retirés de la voie et conduits sans retard sur lesdits emplacements. Et par inverse, il faut que leur sortie du môle soit combinée avec les mouvements des machines destinées à les mener à la gare de triage.

Il résulte, de ce qui précède, que la concentration de la traction dans la seule main de la compagnie du sud répond le mieux aux conditions fondamentales pour l'exploitation rationnelle d'un port moderne.

Cependant, on ne pourrait en dire autant des autres éléments servant à l'aménagement des bassins. Ainsi l'emploi des grues mobiles à vapeur, établis d'après le système de Hambourg, est presque nulle, car le chargement et le déchargement des marchandises se fait par les grues à bord des vapeurs et les magasins n'ayant qu'un rez-de-chaussée sont établis à des distances trop grandes des murs de quai; enfin, les navires accostés au quai y restent très longtemps au lieu d'être débarqués dans le plus bref délai. Je pourrais citer des exemples d'un stationnement de trois à quatre semaines.

Cet état des choses porte naturellement préjudice au bon service du nouvel établissement à peine ouvert à la navigation, en diminuant dans une proportion notable le maximum du mouvement auquel il pourrait suffire. C'est donc à tort que le public se plaint de l'insuffisance de la longueur des quais et de l'étendue des dépôts dans les magasins.

La première des objections n'est nullement fondée et rien n'est plus facile qu'à obvier à la deuxième.

En effet, quel est le mouvement annuel effectif du nouveau port comparé à celui des autres ports modernes ? Vous savez, messieurs, qu'un quai est convenablement utilisé, lorsque les marchandises transbordées par an et par mètre de quai s'élèvent en moyenne à 500 tonnes. Or, le chiffre atteint à Trieste n'est que de 40 à 50 pour 100. Il faut, par conséquent, augmenter cette activité par l'emploi des appareils hydrauliques au lieu des grues à vapeur; en outre, il faut diminuer le séjour des vapeurs accostés aux quais pour arriver à l'unité de 500 tonnes.

Quant au manque de surface de dépôts dans les magasins, il est facile de les augmenter par l'établissement de nouveaux édifices sur les deux tiers des terrains inoccupés aujourd'hui.

Le moment est donc arrivé de tirer profit de l'expérience acquise pendant quatre ans et d'introduire les modifications nécessaires lors de l'aménagement des parties restantes du nouveau port.

Le gouvernement d'Autriche a profité de ce moment pour faire visiter l'année passée par une commission spéciale les installations du port de Marseille, vu la grande analogie qu'il présente sous beaucoup de rapports avec celui de Trieste. C'était à la suite de cette visite que le ministre du commerce, M. le baron de *Pino*, a chargé M. *Barret*, ingénieur en chef des Docks et Entrepôts de Marseille, de rédiger un projet d'ensemble des ouvrages analogues à édifier sur les terre-pleins des môles et des rives du nouveau port de Trieste. Cet ouvrage, traitant les diverses questions d'une manière très complète, se trouve depuis peu dans les mains du ministère et sera examiné par les parties intéressées, savoir : la Compagnie des magasins généraux de Trieste et la Compagnie des chemins de fer du sud, et autres.

En outre de cet ouvrage très détaillé, il existe encore une brochure traitant la même question, quoique dans les limites bien plus restreintes [1]. Cette brochure, rédigée par moi, n'a pour but que de préciser les principes à adopter pour l'établissement de nouvelles installations, savoir pour les édifices complétés, servant au dépôt des

1. Voir dans la bibliothèque de l'École : « *Der Hafen von Triest in Bezug auf Bau in Betrieb.* » *Beleuchtet vom objectiven Stand punkte durch Friedrich Bömches.* Wien 1885.

marchandises et pour perfectionner les outils mécaniques servant au chargement et au déchargement des navires.

En déposant un exemplaire de cette brochure entre les mains de M. le Président, je suis bien aise de constater que nous nous trouvons bien d'accord, M. *Barret* et moi, sur la solution des questions principales.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Machines élévatoires américaines. — Trafic du Gothard. — L'Escaut et le port d'Anvers. — Le sytème métrique aux États-Unis. — Production du zinc en Espagne. — Travail développé par l'homme pendant un court espace de temps.

Machines élévatoires américaines. — Nous donnons, d'après l'*American Engineer*, les détails suivants sur de grandes machines élévatoires récemment établies à Alleghany, en Pensylvanie, et qui présentent des dispositions nouvelles pour ce genre de machines. Le projet est dû à M. Edwin Reynolds et la construction à MM. E. P. Allis et C[ie], de Milwaukée.

Ces machines, au nombre de deux, sont verticales et compound, à trois cylindres chacune. Elles sont exactement semblables et peuvent donner chacune 22 800 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures.

Chaque machine comporte trois cylindres dont chacun actionne une manivelle d'un même arbre portant deux volants. Le cylindre à haute pression est au milieu et commande le coude central, les cylindres à basse pression sont de chaque côté et actionnent les manivelles calées aux deux extrémités de l'arbre. Le premier décharge dans un réservoir intermédiaire où les deux autres prennent la vapeur. Les trois manivelles forment des angles de 120 degrés. L'arbre est soutenu par quatre bâtis creux en fonte en forme d'A reliés par des croix Saint-André également en fonte.

Les têtes des pistons sont guidées par des glissières rattachées aux bâtis. La distribution est du genre Corliss; l'introduction au premier cylindre est réglée par un régulateur à force centrifuge et l'introduction aux deux autres à la main seulement.

Le condenseur est en dessous et la pompe à air est mue par un balancier actionné par la tête de la tige du piston à haute pression.

Chaque piston a sa tige se prolongeant par le bas à travers le fond du cylindre pour commander le plongeur d'une pompe à simple effet. Ces plongeurs sont très massifs, de façon que leur poids, joint à celui du piston à vapeur et de son mécanisme, atteigne à peu près la moitié du poids de la colonne d'eau élevée. Le travail du piston à vapeur se trouve ainsi sensiblement égalisé dans les deux sens et l'effet de régularisation à demander aux volants est réduit de beaucoup. Chaque pompe peut d'ailleurs être séparée des canalisations d'aspiration et de refoulement par des vannes convenablement disposées.

Les cylindres ont des enveloppes de vapeur à la partie circulaire et aux fonds et couvercles. Ils sont, en outre, ainsi que le réservoir intermédiaire, protégés contre le refroidissement avec un grand luxe de précautions.

Pour donner une idée des dimensions de ces machines, il suffira d'indi-

quer que la hauteur totale depuis la base des pompes jusqu'à la partie supérieure des volants est de $18^m,600$. Le poids est d'environ 750 tonnes.

La vapeur est fournie par trois chaudières, chacune de $9^m,150$ de longueur et 1 mètre de diamètre, contenant deux carneaux de $0^m,350$. Le foyer est en dessous et le retour de flamme s'effectue par les tubes. La surface totale de grille est de 6,14 mètres carrés et la surface de chauffe de 115. Ces chaudières ne sont nullement à la hauteur des machines, mais elles existaient et on les a utilisées provisoirement ; elles doivent être remplacées plus tard par des générateurs plus perfectionnés.

Les conditions du contrat étaient que chaque machine pût donner par vingt-quatre heures 22 800 mètres cubes d'eau à une charge de 67 mètres, et fournir un *duty* de 95 millions de pieds-livres par 100 livres de combustible brûlé, en admettant une vaporisation de 10 d'eau pour 1 de combustible. Ce *duty* correspond à un effet utile de 289 400 kilogrammètres par kilogramme de combustible, soit $0^{kg},933$ de combustible par cheval en eau montée et par heure.

Les essais ont été faits à la fin d'août de l'année dernière par le professeur Greene, directeur de l'Institut polytechnique de Rensselaer. Une expérience préalable ayant fait reconnaître que les pompes débitaient, à moins de 3 pour 100 près au maximum, leur volume théorique, on s'est contenté de compter le volume théorique ; la charge a été mesurée par la pression au manomètre des réservoirs augmentée de la hauteur d'aspiration et de $0^m,61$ pour tenir compte de la résistance au passage des clapets.

On a pris le volume d'eau introduit dans les chaudières pendant la durée de l'essai, sans correction pour l'eau entraînée avec la vapeur.

Avant de donner les résultats des essais, nous indiquerons les principales dimensions des machines :

Diamètre du cylindre à haute pression	$0^m,784$
— des deux — à basse pression	$1^m,088$
— des plongeurs des pompes	$0^m,623$
Course des pistons et plongeurs	$0^m,915$
Diamètre de l'arbre.	$0^m,305$
— des volants	$4^m,880$
Poids de chaque volant.	9000^{kg}
Diamètre des tuyaux d'aspiration.	$0^m,759$
Longueur — —	$9^m,150$
Diamètre du tuyau de refoulement	$0^m,759$ et $0^m,915$
Longueur — —	205 mètres
Espace neutre moyen du petit cylindre.	4.8 p. 100
— — — des grands cylindres. . .	5.1 —
Volume net relatif du petit cylindre	1
— — de chaque grand cylindre. .	1.954
— — du réservoir intermédiaire et de ses communications	5.293

Nous donnons ci-dessous le résultat de deux essais de vingt-quatre heures chacun effectués, l'un sur la première machine, du 31 août au 1er septembre, l'autre sur la seconde machine, du 1er au 2 septembre.

MACHINES	N° 1	N° 2
Nombre de tours moyen par minute.......	15.403	15.378
Charge sur les pompes en mètres d'eau....	70m,63	71m,12
Correction du poids de combustible brûlé pour la vaporisation de 10............	30.3 %	32.1 %
Pression à l'entrée au premier cylindre.....	7k,67	7k,74
Pression au réservoir intermédiaire........	1.69	1.66
Vide au condenseur....................	0m,636	0m,631
Expansion au premier cylindre...........	3.12	3.58
Expansion au second cylindre............	5 71	5.45
Expansion totale....................	17.84	19 51
Travail en chevaux nets................	258.07	259.43
Température de l'eau d'alimentation.......	42°	41°,5
Eau d'alimentation par cheval net et par heure.	8k,41	8k,80
Charbon par cheval net et par heure avec la vaporisation de 10..................	0k,84	0k,88
Effet utile en kilogrammètres d'un kilogramme de charbon.......	321.400	306.900

On remarquera que l'effet utile de la seconde machine a été un peu inférieur à celui de la première; cela tient à ce que, pendant quelques heures, les purgeurs automatiques des enveloppes des cylindres n'ont pas fonctionné, l'effet des enveloppes était alors annulé. Après que ces purgeurs ont été remis en ordre, l'effet utile de cette machine a été trouvé, pour la seconde partie de l'essai, égale à 323 330 kilogrammètres, c'est-à-dire légèrement supérieure à celui de la machine n° 1.

Le rapport du professeur Greene estime l'effet utile des enveloppes à environ 10 pour 100, ce qui est très admissible avec un fonctionnement aussi lent.

Il nous paraît intéressant de rapprocher le rendement maximum de 320 000 kilogrammètres par kilogramme de charbon, obtenu dans les essais qui font l'objet de cette note, des célèbres *duties* des machines de Cornouailles.

On dit que les anciennes machines atmosphériques de Newcommen donnaient en moyenne, avant 1769, des rendements de 20 290 et qu'après les perfectionnements apportés à ces machines par Smeaton, leur rendement s'est élevé à 34 300. En 1776 des machines à simple effet de Watt donnaient 78 400 et, en 1788, après l'introduction de la détente, 96 500. Peu après, une machine montée dans les Cornouailles et sous la surveillance spéciale d'un agent de Boulton et Watt atteignait un effet utile de 98 000.

Après 1811, le système d'inspection d'une part, et les perfectionnements introduits dans les machines, notamment l'élévation de la pression et le système de générateurs d'autre part, élevèrent considérablement le *duty*, lequel d'ailleurs a toujours progressé avec le temps au moins comme moyenne. Ainsi, en 1814, la moyenne de l'effet utile de 32 machines était de 66 740 et le maximum de 103 700, tandis qu'en 1832 la moyenne était, pour 61 machines, de 157 800 et le maximum de 273 000; enfin, en 1842, on avait pour 49 machines, une moyenne de 160 000 et un maximum de 347 000. Ce dernier chiffre paraît exagéré, car il correspondrait à une consommation de $\frac{270\,000}{347\,000} = 0^{kg},77$ par cheval et par heure; il est cepen-dant donné par Tredgold. A plus forte raison doit-on se défier de chiffres encore plus élevés rapportés par quelques auteurs, notamment pour une machine installée à Saint-Austell, dans les Cornouailles, dont l'effet utile se serait élevé dans les essais à 400 000 kilogrammètres par kilogramme de charbon, soit une dépense de $0^{kg},675$. Cette consommation, même avec une vaporisation de 10 d'eau pour 1 de combustible, correspondrait à $6^{kg},750$ de vapeur par cheval et par heure ce qui est bien difficile à admettre, car cette dépense n'est réalisée que tout à fait exceptionnellement et encore par cheval indiqué, avec les machines les plus perfectionnées de notre époque.

Il est bon de faire remarquer, pour la transformation des *duties* anglais en pieds-livres par *bushel* de charbon, que le bushel des Cornouailles est compté à raison de 94 livres anglaises, soit 42^{kg} 582, tandis que le bushel de Newcastle, qui était employé pour les machines de Smeaton et de Watt, est de 84 livres, soit $38^{kg},052$. Le duty pour les machines américaines dont il a été question plus haut est rapporté aux 100 livres anglaises, soit $45^{kg},300$.

Nous ne quitterons pas ce sujet sans indiquer une observation qui paraît avoir passé inaperçue jusqu'ici, car nous ne l'avons vu mentionner que dans une communication récente faite à l'*Institution of civil Engineers* sur les machines élévatoires. M. Davey, constructeur bien connu d'appareils de ce genre, a fait observer que les résultats économiques si remarquables obtenus avec les machines de Cornouailles, à une époque où les machines ordinaires dépensaient relativement beaucoup, s'expliquent en grande partie par une particularité de leur fonctionnement; on sait en effet que la partie supérieure du cylindre où s'effectue le travail de la vapeur à pleine pression et à détente n'est jamais en communication avec le condenseur; cette machine jouit donc de la même propriété que les machines compound, et on en retire les mêmes avantages; à ce point de vue on peut la comparer à une machine compound où toute la détente s'effectuerait dans le premier cylindre.

La réduction des condensations à l'admission ainsi obtenue, jointe à l'emploi des enveloppes de vapeur et d'une pression élevée permettait l'emploi d'expansions assez grandes, mais qui se trouvaient cependant limitées par le danger de produire une trop grande variation dans l'effort moteur en l'absence de volant, on conçoit que, dans ces conditions, on ait pu sin-

gulièrement reduire la dépense de vapeur par rapport aux machines ordinaires et, avec des chaudières très avantageuses, réaliser les rendements si élevés qui ont été signalés plus haut.

Trafic du Gothard. — Nous avons donné dans la Chronique de mai 1884, page 618, les recettes du chemin de fer du Gothard pour les derniers mois de 1883 et les trois premiers de 1884. Nous donnons ci-dessous les recettes des neuf derniers mois de 1884, qui sont intéressantes à étudier parce qu'on voit la diminution apportée, dès la fin de juillet, au trafic des voyageurs par les mesures sanitaires si rigoureuses prises par le gouvernement italien, et le relèvement considérable du trafic des marchandises dans les derniers mois de l'année.

	RECETTES				Différence pour 100 sur l'année précédente
	VOYAGEURS	Marchandises	TOTALES	par kilomètre et par mois	
4 premiers mois...	1.274.182	2.050 402	3.324.584	12.497	+ 3.0
Mai............	388.637	491.037	879.687	3.307	— 2.2
Juin............	318 472	439 454	757.926	2.849	0
Juillet..........	327.689	408.676	736.365	2.768	— 27.8
Août...........	286.202	439 801	726.003	2.729	— 30.8
Septembre........	294.881	481.070	775.951	2.917	— 25.4
Octobre..........	300.227	568.906	869.133	3 267	— 13 9
Novembre........	290.000	555.000	845.000	3.176	+ 8 1
Décembre........	195.000	560.000	756.000	2.838	+ 3.0
TOTAUX.....	3.675.310	5.994.339	9.669.649	36.348	— 7.0

Le total des recettes 9669649 francs se partage en 38 pour 100 pour les voyageurs et 62 pour les marchandises, au lieu de 45.5 et 54.5 pour 100 pour 1883.

Voici les résultats comparés pour les deux exercices avec la ligne du Rhône au Mont-Cenis.

	Rhône au Mont-Cenis.	Gothard.
Recettes kilométriques en 1883 . . .	46 116 francs,	39 100 francs.
» » 1884 . . .	41 920 »	36 350 »
Diminution en 1884.	9.1 pour 100	7 pour 100.

On voit d'après ces tableaux que le Mont-Cenis a relativement plus souffert que le Gothard des quarantaines et qu'à ce dernier les conséquences ne se sont pas fait sentir d'une manière sérieuse sur le trafic des marchan-

dises puisque les recettes de ces dernières ont été en 1884 de 5 994 340 francs contre 5 669 100 francs en 1883, ce qui donne une augmentation de 6 pour 100 environ.

L'Escaut et le port d'Anvers. — Il a été publié par les soins de la commission d'organisation du Congrès international de navigation intérieure, tenu à Bruxelles du 24 mai au 2 juin 1885, des notices très intéressantes sur les sujets qui se rapportent à cette question. Nous croyons à propos de reproduire celle qui est relative à l'Escaut et qui explique une des causes principales de la prospérité du port d'Anvers.

L'Escaut constitue un chenal d'entrée, dont l'accès est incomparablement plus facile que celui des autres fleuves du continent.

En étudiant la carte des profondeurs d'eau à l'embouchure de l'Escaut, nous voyons que les bancs de sable ou de vase à cet endroit forment ensemble une figure qui ressemble à un éventail dont le centre serait entre Flessingue et Breskens. Ces bancs laissent entre eux et les côtes quatre passes qui servent à la navigation et dont la meilleure est la passe de Wielingen, qui longe la côte de la Flandre zélandaise, près de Cadzand et qui s'améliore constamment. Ce magnifique chenal, qui conduit de l'Escaut à la mer, s'entretient naturellement par l'effet de la marée; l'Escaut fait l'office d'une immense écluse de chasse se remplissant et se vidant deux fois par jour, le jusant, qui est dans l'Escaut plus puissant que le flot, refoule victorieusement vers la mer les sables que celle-ci amène.

Tachons d'évaluer approximativement les quantités d'eau que le flot amène dans l'Escaut et les quantités que le jusant emporte.

D'après Jacques Behr, il passe à Flessingue, pendant les six heures de flot, 363 millions de mètres cubes d'eau, à Lillo 75 millions et à Anvers 55 millions.

D'après Th. Verstraeten. — *Hydrologie de la Belgique*, — le bassin hydrographique de l'Escaut devant Anvers mesure 2 094 000 hectares, et chacun de ces hectares amène à l'Escaut par jour 2 mètres cubes d'eau en très basses eaux, soit 4 188 000 mètres cubes en tout; 5 mètres cubes comme moyenne générale, soit en tout 10 478 000 mètres cubes; 50 mètres cubes en très hautes eaux, soit 104 700 000 mètres cubes en tout.

Pendant la durée du jusant, l'Escaut évacue une moitié de la quantité d'eau qui vient journellement de l'amont. Cette moitié représente *en moyenne générale*, 5 235 000 mètres cubes, soit à peu près le dixième de ce qui passe à Anvers pendant les six heures de flot. Mais, *en très hautes eaux*, la moitié des eaux d'amont de la journée représente 52 millions de mètres cubes, ce qui veut dire que, dans ce cas, devant Anvers, le jusant emporte une quantité d'eau presque double de celle que le flot avait amenée. Ces chiffres nous font augurer favorablement de l'avenir qui est réservé à l'Escaut; les masses d'eau pluviale que nous venons de calculer représentent une force énorme tenue en réserve par la nature pour l'entretien des passes de l'Escaut.

Si maintenant nous comparons l'Escaut à la Meuse, nous observons que l'amplitude de la marée est beaucoup plus puissante à l'embouchure de l'Escaut qu'à l'embouchure de la Meuse. Cette circonstance est extrêmement favorable pour Anvers; elle est due au fait suivant : la vague de marée qui parcourt l'Atlantique se divise en deux branches lorsqu'elle rencontre les îles Britanniques ; l'une parcourt la Manche et l'autre contourne l'Angleterre; les deux branches se rencontrent vers l'embouchure de l'Escaut et produisent ensemble cette marée puissante qui est si favorable à Anvers.

La carte des lignes cotidales explique ce phénomène.

D'après le savant et regretté Jacques Behr, l'île de Walcheren jouerait aussi un rôle très favorable au régime de l'Escaut. Cette île fait une saillie de 5 kilomètres sur le littoral : le courant de marée qui longe nos côtes rencontre l'île de Walcheren qui modifie sa direction et la force à entrer dans l'Escaut. M. Behr pensait que cette circonstance influe sur la puissance du flot de marée qui remonte l'Escaut.

Rappelons encore que la mer du Nord va en s'élargissant à partir du Pas de Calais et que sur les côtes de France, de Belgique et de Hollande, l'amplitude de la marée va en diminuant au fur et à mesure de cet élargissement de la mer du Nord.

Quoi qu'il en soit de la valeur relative de ces différentes causes, le fait est là. A l'embouchure de l'Escaut, la marée à 4 mètres d'amplitude, tandis qu'à l'embouchure de la Meuse elle n'a que $1^{m},49$. Il en résulte que la différence de profondeur des deux fleuves est considérable. Les navires de mer calant au delà de $5^{m},40$ doivent alléger pour entrer dans le port de Rotterdam. tandis que les navires calant 8 mètres peuvent facilement remonter jusqu'à Anvers et s'y mettre à quai. Le nouveau steamer *Westernland*, qui est parti d'Anvers le 3 novembre 1883 pour faire sa première traversée de l'Atlantique, calait 82 décimètres.

Nous concluons de ce qui précède que l'estuaire de l'Escaut constitue un grand bassin d'eau profonde, facilement accessible par la magnifique passe de Wielingen ; cet estuaire offre aux navires un abri contre la tempête et leur permet un accès relativement facile vers les ports de l'Escaut.

L'Escaut dont les grandes profondeurs représentaient au seizième siècle un luxe inutile, est devenu un outil d'une puissance incomparable depuis le jour où le commerce emploie des navires calant jusqu'à 8 mètres.

La facilité d'accès et la profondeur d'eau de l'Escaut se traduisent en une économie considérable des dépenses à effectuer par les navires lorsqu'ils entrent dans les ports de l'Escaut, relativement aux dépenses qu'ils ont à subir lorsqu'ils entrent dans les ports voisins de Dunkerque, Ostende et Rotterdam.

Le système métrique aux États-Unis. — Malgré la résistance

des fanatiques des traditions anglo-saxonnes[1], le système métrique fait des progrès rapides aux États-Unis. Il n'est plus rare de voir aujourd'hui les journaux techniques donner des articles où les mesures sont indiquées en mesures métriques, ce qu'ils n'eussent pas fait il y a très peu d'années. Mais il y a d'autres symptômes bien plus sérieux. Le service des hopitaux de la marine des États-Unis vient de publier la dernière édition de son Formulaire pour les médecins, avec des mesures sous-multiples du kilogramme et du litre et il est évident que la Pharmacopée, livre de référence des pharmaciens, qui est encore publiée avec les anciennes mesures, va se trouver dans l'obligation de les abandonner.

Le système métrique a été largement introduit depuis une dizaine d'années dans l'enseignement public.

Les progrès de l'électricité ont été d'un puissant secours, grâce aux nouvelles mesures universellement adoptées et basées sur le système métrique.

Les opticiens et oculistes expriment en fraction du mètre les chiffres qui servent au numérotage des verres de lunette et des lentilles.

Le nivellement de précision fait sur les lacs et le Mississipi est indiqué en mètres au lieu de pieds et brasses, et, depuis 1880, les services de l'État mettent des échelles métriques sur les cartes publiées par leurs soins. Les dernières éditions de *Field Book* de Henck et du *Pocket Book* de Trautwine, aides-mémoires extrêmement répandus aux États-Unis, contiennent des tables pour courbes de chemins de fer en mesures métriques.

Il a été présenté l'année dernière au Congrès un bill pour rendre le système métrique obligatoire pour les administrations publiques, la question n'a pas été tranchée et va être ramenée cette année devant le nouveau Congrès. Il n'est pas douteux qu'elle ne soit décidée dans ce sens avant longtemps. L'*Engineering News*, dans lequel nous avons trouvé ces renseignements, ajoute plaisamment que les ingénieurs doivent être les derniers à regretter ce retard dans l'adoption du système métrique, car, tant que durera le chaos et la confusion amenés par l'emploi des vieilles mesures, le public aura besoin d'eux pour s'en sortir.

Production du zinc en Espagne.—La seule usine à zinc qui existe en Espagne est à Arnao, près Aviles, dans les Asturies. Elle traite les minerais de Santander et du Guipuzcoa et comprend 22 fourneaux belges, des fours à griller la blende et un laminoir pour réduire le zinc en feuilles.

En 1881, cette usine employait 320 ouvriers et sa production s'est élevée à 4 910 tonnes de zinc extraites de 13 000 tonnes de minerai, contre 4 221 pour l'année précédente, soit un accroissement de 16 pour 100. La production se partage en 2 125 tonnes de zinc en feuilles et 2 785 tonnes de zinc en saumons.

1. « Le pouce anglais est le plus ancien et le plus précieux legs qui nous ait été fait par nos ancêtres, c'est le grand adversaire du système métrique; il ne disparaîtra jamais; les mesures Anglo-Saxonnes prendront le dessus, car elles sont fondées sur le roc. » *Chronique de Juillet* 1881, page 90.

Ce dernier est en grande partie exporté, on trouve à cet égard un chiffre de 1743 tonnes dont 1515 en France et 228 à Cuba. La consommation indigène est de 1042 tonnes de zinc brut et 2125 de zinc en feuilles; ce dernier reste donc en entier dans le pays.

Les minerais de zinc donnent lieu à une exportation assez importante qui se monte, pour 1881, à 39774 tonnes, dont 31927 de calamine et 8547 de blende; si on ajoute à ces chiffres les 13000 tonnes traitées à l'usine d'Arnao, on trouve un total de 53834 tonnes, supérieur de 10000 tonnes, dit l'*Iron*, dans lequel nous trouvons ces chiffres, à la production indiquée par les statistiques officielles espagnoles.

Travail développé par l'homme pendant un court espace de temps. — On sait que les chiffres donnés par les divers auteurs relativement au travail que l'homme est capable de développer, diffèrent très notablement les uns des autres. Nous avons eu l'occasion d'aborder incidemment cette question à propos des grues dans la Chronique de février 1885, p. 268. Cette diversité de résultats n'a rien d'étonnant, car les expériences n'ont généralement pas été faites dans des conditions comparables; il est, en effet, très difficile de mesurer d'une manière à peu près exacte le travail de l'homme agissant sur un outil tel que pelle, hache, brouette, écope, etc.; mais, comme le fait observer le *Scientific American* dans un article très intéressant relatif à la question du travail de l'homme, il est une application où ce travail peut être mesuré d'une manière absolument rigoureuse, c'est l'élévation par le sujet de son propre poids.

Un homme d'un poids connu monte un escalier et porte à la main une montre à secondes; il compte le temps nécessaire pour monter une hauteur connue, il peut donc apprécier d'une manière rigoureuse le travail qu'il a développé dans l'unité de temps, la seconde. S'il monte l'escalier d'un monument élevé, tel qu'une tour, il peut connaître par le temps écoulé et la hauteur franchie jusqu'au moment où il est à bout de respiration quelle est la limite pratique du travail qu'il peut fournir. Selon qu'il monte plus ou moins vite, il peut voir quel est le travail fourni suivant les diverses allures et à laquelle correspond le travail maximum. Une série d'expériences faites méthodiquement avec des sujets de poids, d'âge, de conditions de santé et d'entraînement différents, donnerait des renseignements très utiles sur la question.

Voici en attendant, et toujours d'après le *Scientific American*, quelques résultats d'essais faits récemment aux États-Unis :

Un homme de soixante-neuf ans, pesant 97 kilogrammes, a franchi en 16 secondes un escalier facile de $4^{m},42$ de hauteur, travail par seconde correspondant 26,8 kilogrammètres.

Un homme du même âge, pesant 100 kilogrammes, a pu monter deux étages comprenant quatre escaliers et les paliers correspondants, d'une hauteur totale de $13^{m},04$, en 74 secondes, ce qui donne un travail de 17,7 kilogrammètres par seconde.

Le même sujet a monté deux étages, le premier de $6^{m},10$ en 29 secondes et le second de $6^{m},94$ en 66 secondes ; la première partie du travail correspond à 21 kilogrammètres par seconde, la deuxième à 10,5 kilogrammètres et le travail moyen total à 13,8 kilogrammètres.

Un homme de soixante-douze ans, pesant $81^{k},50$, a fait en 63 secondes l'ascension d'un escalier de $13^{m},04$, soit un travail de 17 kilogrammètres par seconde.

On voit que, dans le premier cas, le sujet a pu développer un travail supérieur à 1/3 de cheval pendant 16 secondes ; pour un temps plus long, 74 secondes, le travail moyen est descendu aux environs de 1/4 de cheval.

On peut citer une autre expérience où un homme d'un certain âge, portant des vêtements lourds et pesant avec eux 100 kilogrammes, a pu monter une hauteur de $6^{m},10$ en 15 secondes, soit un travail de 40 kilogrammètres par seconde, ou plus d'un demi-cheval.

Un homme plus jeune pesant 68 kilogrammes a monté $18^{m},83$ en 49 secondes, ce qui correspond à 26 kilogrammètres par seconde ou plus d'un tiers de cheval ; on voit combien le travail diminue rapidement avec le temps pendant lequel il est exercé.

Nous rappelons que, dans la Chronique de juillet 1881, page 89, nous avons donné les résultats d'expériences faites à Dresde sur le travail que l'homme peut développer sur le balancier d'une pompe à incendie ; on a trouvé pour des périodes de deux minutes consécutives, un travail par seconde, variant selon les hommes (soldats d'infanterie), de 17 à 30 kilogrammètres.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1885.

Rapport de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE sur le **Bosseyage mécanique** de MM. DUBOIS et FRANÇOIS.

Cette question a été présentée à la Société des Ingénieurs civils par M. Clerc dans la séance du 19 octobre 1883. Nous croyons donc inutile de

résumer le rapport de M. Haton de la Goupillière, nous nous bornerons à en reproduire les conclusions. On peut regarder comme indubitable que le procédé du bosseyage rendra des services à l'exploitation souterraine et qu'il est destiné à s'y répandre. Quelles seront les limites de ce développement? Nul ne saurait aujourd'hui le dire. Pour des gites grisouteux, de consistance convenable, il trouvera utilement son application. Au contraire, des matières d'une ténacité rebelle, en dehors du danger du grisou, continueront tévidemment à s'accommoder de l'emploi des explosifs ; quoi qu'il en soit, le bosseyage, déjà appliqué dans divers endroits, peut concevoir des grandes espérances. Le rôle du présent rapport ne saurait être de les surexciter, mais plutôt de marquer, à cet égard, la réserve nécessaire, sans craindre toutefois de prendre l'initiative de signaler à l'attention des exploitants, un procédé qui a donné de telle preuves de valeur.

Rapport de M. DE LABOULAYE sur un **Système de composition typographique à l'aide de polytypes**, présenté par M. NOIZETTE.

On a depuis longtemps cherché à simplifier la composition en faisant usage de types doubles ou triples renfermant les groupes les plus usuels formés par deux ou trois lettres, mais ces essais n'ont jamais réussi. M. Noizette a repris la question. La difficulté matérielle de la fabrication des types complexes a été surmontée très complètement, mais la principale objection est qu'il n'existe pas, pour le compositeur, de principe logique qui puisse le guider dans son travail; il hésitera nécessairement pour la formation d'un mot dans lequel doit entrer un type composé. Cette difficulté semble devoir réduire les avantages, d'ailleurs incontestables, du système; l'expérience démontrera si elle peut être surmontée en pratique.

Rapport de M. PRILLIEUX, sur les **Moyens de préserver les pommes de terre de la maladie que cause le Peronospora infestans.** Mémoire présenté par M. JENSEN de Copenhague.

Le Peronospora est un champignon microscopique qui est la cause d'une maladie des pommes de terre. M. Jensen a constaté que ce champignon supporte mal une température même très moderée, et qu'il suffit pour le détruire d'exposer le tubercule pendant peu de temps à une chaleur de 40 degrés centigrades, laquelle ne fait rien perdre à la pomme de terre de sa faculté germinative. On peut donc obtenir la désinfection des tubercules malades en les faisant passer dans une étuve convenablement chauffée avant de les semer.

Analyse chimique et microscopique de principaux produits de mouture, fournis par les essais exécutés sous la surveillance de la commission spéciale nommée par la Chambre syndicale des grains et farines de Paris (1883-1884), par M. AIMÉ GIRARD, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut agronomique.

Rapport à M. le Ministre de l'Agriculture sur **la Situation de l'agri-**

culture du département de l'Aisne en 1884, par M. Risler, directeur de l'Institut national agronomique.

Nouveau procédé pour durcir le plâtre, par M. Julhe. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, février 1885.)

Ce procédé consiste à mélanger intimement du plâtre et de la chaux grasse dans la proportion de 6 du premier pour 1 de la seconde; on emploie le mélange comme le plâtre ordinaire, et, une fois desséché, on l'imbibe d'une solution d'un sulfate quelconque à base précipitable par la chaux et à précipité insoluble, tel que le sulfate de fer ou le sulfate de zinc. Avec le premier, la résistance à la rupture atteint 20 fois celle du plâtre ordinaire; les surfaces obtiennent en même temps une dureté assez grande pour ne plus être rayées avec l'ongle. L'auteur pense que le plâtre ainsi préparé pourrait être substitué au bois dans la construction des planchers.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MARS 1885.

Paroles prononcées sur la tombe de M. Julien Leclerc, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Potel, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le **buste de Trudaine** à l'École des ponts et chaussées, par M. Tarbé de Saint-Hardouin, inspecteur général de ponts et chaussées en retraite, ancien directeur de l'École des ponts et chaussées.

Note sur la **Détermination du coefficient de contraction de la veine fluide**, par M. Ed. Collignon, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

D'après l'auteur, la détermination du coefficient de contraction résulte uniquement de la connaissance de l'aire des dépressions autour de l'orifice, ou, ce qui revient au même, de l'aire en dedans de laquelle les filets liquides acquièrent le long de la paroi des vitesses sensibles. Cette aire semble ne pas s'étendre au delà d'un rayon égal aux $\frac{5}{4}$, ou plus exactement aux $\frac{123}{100}$ du rayon de l'orifice, supposé toujours très petit.

Notes sur les **Questions de viabilité à Londres**, par M. Barabant, ingénieur en chef des ponts et chaussées (service municipal de Paris).

Ces notes ont été relevées dans un voyage d'études effectué au printemps de 1883; elles embrassent les questions suivantes :

1° Observations d'ensemble ; aspect général des rues anglaises ; circulation, éclairage public, organisation des chantiers, chemins de fer ;

2° Nettoiement ;

3° Trottoirs ;

4° Empierrement ;

5° Pavage en pierre ;

6° Pavage en bois ;

7° Asphalte ;

8° Tramways.

Ces notes sont d'un très grand intérêt ; nous signalerons principalement les chapitres concernants les divers modes de pavage et les tramways ; dans cette dernière partie, M. Barabant décrit non seulement les systèmes de voies employés à Londres où les tramways sont assez peu développés et ne pénètrent pas fort avant dans le centre de la ville, mais ceux des grandes cités comme Liverpool, Glascow, Édimbourg, etc., et il en fait la comparaison avec les voies françaises Marsillon, Broca, etc. Ses conclusions sont que les voies de tramways doivent être établies de manière à faciliter la traction des voitures de tramways et à ne pas entraver la circulation des voitures ordinaires, et que, dans ce but, le pavage ni le rail ne doivent se tasser ; il faut employer des voies lourdes à rails d'acier fortement éclissés et autant que possible à appui continu, posées sur beton de ciment de Portland.

M. Barabant rappelle que M. Darcy, ancien Directeur des travaux de Paris, avait indiqué, en 1850, d'une manière saisissante l'avantage énorme à retirer d'une première mise de fonds appliquée à l'amélioration de la viabilité. D'après cet ingénieur, les frais de traction étant moitié moindres sur une bonne chaussée en asphalte comprimé que sur un vieux pavé usé et cahotant et les frais d'entretien et de renouvellement des chevaux et des véhicules étant également réduits de moitié, on pouvait admettre qu'une augmentation de dépenses annuelles de 1 500 000, acceptée par la ville, rapporterait au public un intérêt de 4 millions de francs par an. Ces calculs refaits aujourd'hui donneraient des chiffres encore plus frappants.

Notice sur l'**allongement des écluses** du canal de Bourgogne, par M. H. Bazin, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cet allongement, aujourd'hui terminé, a compris 189 écluses de construction plus ou moins ancienne.

Ces écluses appartenaient à deux types distincts :

1° 58 écluses exécutées antérieurement à 1822 ;

2° 131 écluses postérieures à cette époque et de types beaucoup plus uniformes que les précédentes.

La longueur utile de 30 mètres a été portée à 38^{m},50

Les travaux se sont exécutés de 1879 à 1882.

Le prix moyen de l'allongement a été, par écluse, de 37 660 francs, mais ce prix moyen a été de beaucoup dépassé pour quelques écluses exception-

nelles situées dans la partie la plus ancienne du canal entre Saint-Florentin et Laroche. La durée moyenne des travaux a été, pour l'ensemble des 189 écluses, de soixante-six jours, comptés depuis la mise à sec des écluses jusqu'au jour où l'écluse était prête à recevoir l'eau; mais certaines ont demandé jusqu'à trois mois, par suite de sujétions particulières.

L'allongement de ces écluses a doublé le transit du canal et déterminé de nouveaux courants de transports.

Endiguement des grands cours d'eau des États-Unis à l'aide d'épis en facinages, de nattes et de rideaux en fil de fer.

Extrait du rapport de mission en Amérique de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Ponts levants du canal Erié, extrait du rapport de mission en Amérique de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Procédés de traction des bateaux sur les canaux et rivières des États-Unis, extrait du rapport de mission en Amérique de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées.

Ces procédés sont : 1° le halage par chevaux; 2° les bateaux porteurs; 3° le remorquage par convois; 4° le touage; 5° les bateaux couplés.

Le touage a été employé sur le canal de l'Erié entre Buffalo et Locqport, sur 50 kilomètres, et, entre Syracuse et Utica, sur 56 kilomètres. Il a été abandonné, notamment à cause des difficultés que présentait le passage dans les courbes, le câble employé pour le touage étant très léger. Nous avons donné quelques renseignements sur cette question dans la Chronique d'octobre 1881, page 385. C'est par erreur que M. Cadart dit que le système de touage ne différait pas notablement de ceux employés en France; on n'a jamais employé chez nous le touage par câble, au moins sur une échelle un peu sérieuse; le touage à chaîne y est seul usité. M. Cadart indique comme un inconvénient du touage la nécessité d'interrompre la chaîne ou de la faire passer dans l'écluse, ce qui constitue, d'après lui, une grande sujétion. C'est pourtant ce qu'on fait, depuis quinze ans, sur la Seine, de Rouen à Montereau où il y a bien une quinzaine d'écluses et on n'y trouve aucune difficulté, en pratique, grace à une ingénieuse disposition de ramenage de la chaîne au centre due à M. l'ingénieur en chef de Lagrené.

La note indique que, sur le canal de l'Erié, on hale les bateaux dans les écluses au moyen d'un treuil mu par une turbine actionnée par l'eau du bief d'amont. Cette disposition donne de très bons résultats.

L'extrait du rapport de M. Cadart se termine par la description d'un bateau remorqueur du Mississipi, lequel ne présente de particularité que l'emploi d'une roue à aubes unique placée à l'arrière; il y a plus de trente ans que des bateaux de ce genre, dits *Monoroues*, construits par la maison Cavé ont été employés sur la Seine.

Expériences relatives à la vitesse des courants d'eau ou

d'air, susceptibles de maintenir en suspension des grains minéraux, par M. Thoulet, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

Ce mémoire a paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons indiqué les points les plus intéressants dans les comptes rendus d'octobre 1884, page 438.

Note sur l'**outillage hydraulique des nouveaux bassins du port de Marseille.**

L'exécution et l'installation de cet outillage ont été confiés, à la suite d'un concours, à la Compagnie de Fives-Lille.

L'outillage définitif comprendra 60 grues hydrauliques mobiles sur rails, 3 treuils hydrauliques mobiles, 1 bigue de 120 tonnes et des cabestans hydrauliques pour le déplacement des grues et les manœuvres des wagons sur les voies ferrées des quais. Il ne s'agit, pour le moment, que des treuils, de la bigue et de la moitié des grues et d'un seul des deux groupes de machines qui fourniront l'eau sous pression à ces appareils.

Les dépenses pour cette première partie de l'installation s'élèveront à 1 660 000 francs; la dépense totale, y compris celle des hangars, voies ferrées, etc., s'élèvera à 7 500 000 francs, pour le service de 4100 mètres de quais du bassin de la gare maritime et du bassin national, ce qui fait 1 829 francs par mètre courant de quai, dont 658 francs pour les hangars, 561 francs pour l'outillage hydraulique et 610 francs pour les voies ferrées.

ANNALES DES MINES

Cinquième livraison de 1884.

Essais effectués sur une machine Corliss aux usines du Creusot, par M. Delafond, ingénieur en chef des mines.

Ces essais présentent un grand intérêt, ils ont eu pour objet d'éclairer les points suivants :

1° Relation entre le travail effectif et le travail indiqué;.

2° Influence, sur la consommation, de la pression, de l'expansion, de la condensation, de l'enveloppe;

3° Influence de la compression;

4° Influence de la vitesse du piston;

5° Influence de l'emploi dans l'enveloppe de vapeur à une pression supérieure à celle de la vapeur admise dans le cylindre.

On a opéré sur une machine Corliss, du type du Creusot, ayant un piston de $0^{m},55$ de diamètre et $1^{m},10$ de course avec des espaces neutres de 3.58 pour 100 à l'avant et de 3.74 pour 100 à l'arrière du cylindre. La machine peut marcher avec ou sans condensation.

Le programme des essais comportait la mesure au frein du travail sur l'arbre, la mesure par l'indicateur du travail sur le piston, le jaugeage de l'eau d'alimentation. On a fait usage, pour la mise en train, de vapeur fournie par la conduite générale des ateliers; une fois que la machine avait tourné quelque temps, on la mettait en communication avec la chaudière d'essai dont le niveau avait été relevé exactement. L'eau d'alimentation était mesurée dans des bâches disposées à cet effet.

Le frein employé est d'un type automatique en usage depuis longtemps déja au Creusot, les indicateurs étaient du système Martin; un compteur Deschiens donnait le nombre de tours.

Nous indiquerons successivement les conclusions formulées par M. Delafond pour les diverses questions spécifiées plus haut, en y ajoutant, à l'occasion, quelques observations.

1° Le travail effectif T*e* et le travail indiqué T*i* peuvent être, en pratique, considérés comme reliés par l'équation du premier degré :

$$Te = -\alpha + \beta\, Ti$$

mais cette équation n'est qu'approximative et il est probable que, pour de faibles travaux, la relation ne saurait être exprimée par une équation du premier degré, les coefficients α et β diffèrent suivant les machines et probablement même aussi, pour la même machine, suivant la vitesse du piston. Il est, par parenthèse, assez singulier que M. Delafond, dans les tableaux joints à sa note, n'ait pas donné le rapport $\frac{Te}{Ti}$ qui est cependant intéressant à connaître. Nous avons pensé qu'il pouvait être utile de calculer quelques-uns de ces coefficients de rendement qu'on trouvera dans le tableau ci-après :

Numéros des essais	Pression au commencement de l'admission	ADMISSION	Nombre de tours	TRAVAIL indiqué	TRAVAIL effectif	RAPPORT
			Marche avec condensation.			
1	0k.64	0.039	64	27.8	16.3	0,586
5	6.20	0,065	61	138 5	106.3	0,767
7	7.60	0.065	64	185.0	144.6	0,781
10	2.82	0,100	57.3	87 2	61.0	0,738
12	4.82	0,128	58.3	154.5	124.8	0.808
16	2.60	0,147	61 6	100.0	78.2	0,782
19	2.55	0,197	57.2	110.8	83.3	0,752
20	0.40	0,273	62.3	50.2	33 8	0,676
24	4.76	0,260	58	209.4	178.0	0,869
25	0.25	0,335	59	47.2	32.5	0.688
27	2.97	0,338	61	161.8	133.0	0,822
			Marche sans condensation.			
34	6.00	0,120	60	132.5	107.5	0,811
37	4.57	0,150	55	102 3	86.5	0,845
38	4.50	0,262	59	149.2	132 3	0,887
40	4.40	0,371	50	195.3	177.2	0,907
42	2.75	0,348	58.5	84 8	71.1	0,838
43	3.48	0,440	62	151.0	134.3	0,889

On voit que le rendement organique a atteint 0,90 pour de grandes puissances et pour la marche sans condensation.

2° La marche la plus économique a été réalisée avec l'emploi du condenseur, celui de l'enveloppe, une pression modérée, 4ks,5, environ, et une détente modérée (la note indique 80 pour 100, c'est évidemment une erreur). On arrive alors, dans les cas les plus favorables, à ne dépenser que 7ks,75 de vapeur par cheval indiqué et 9ks,50 par cheval effectif. Les tableaux présentent cependant quelques chiffres un peu inférieurs.

Nous devons exprimer ici le regret que les résultats de ces essais ne soient pas présentés sous une forme qui les rende plus faciles à saisir en rapprochant les uns des autres les résultats obtenus dans les mêmes conditions avec des modes de fonctionnement différents. Nous chercherons à y suppléer dans une très faible mesure en donnant les maximum et les minimum de dépense de vapeur obtenus pour chaque mode de fonctionnement avec les conditions de marche correspondantes.

	A CONDENSATION		SANS CONDENSATION	
	avec enveloppe.	sans enveloppe.	avec enveloppe.	sans enveloppe.
CONSOMMATION MINIMA DE VAPEUR				
Par cheval indiqué et par heure .	7k,38	8k,08	9k,62	10k,82
Pour une pression effective de...	7k,75	4k,50	7k,75	5k,50
Pour une admission de.........	0,067	0,155	0,200	0,320
Et un nombre de tours de......	59,9	59,0	62,7	60,6
Travail indiqué correspondant....	157	151,8	240	212
CONSOMMATION MAXIMA........	11k,37	11k,30	12k,86	13k,50
Pour une pression effective de...	2k,50	2k,50	3k,50	3k,50
Pour une admission de.........	0,58	0,567	0,580	0,580
Et un nombre de tours de.....	61,1	61,0	60,3	60,9
Travail indiqué correspondant....	182,5	183,7	170,8	175,7

Nous ferons observer que nous n'avons pris dans aucun des cas la consommation maxima correspondant à l'introduction pendant toute la course qui donne un accroissement énorme de dépense sans profit sensible, et qu'on ne saurait dès lors considérer que comme un gaspillage de vapeur à éviter absolument en pratique.

Dans les exemples cités plus haut, on voit que, pour la marche à condensation, l'enveloppe a effectué sur la consommation minima une réduction de dépense de 10 pour 100 et n'a eu aucun effet sur la consommation maxima; pour la marche sans condensation, l'avantage a été de 12 pour 100 dans le premier cas et de 5 dans le second. Il y a, pour le premier, une autre influence, celle de la différence des pressions à introduire, d'où il résulterait, croyons-nous, que l'avantage de l'enveloppe est encore moindre qu'il ne paraît.

L'influence de la condensation se traduit pour la machine avec enveloppe par une réduction de 30 pour 100 sur la consommation minima et pour la machine sans enveloppe par une réduction de 34 pour 100.

Les consommations maxima sont beaucoup moins affectées; elles ne sont réduites que de 13 pour 100 avec enveloppe et de 20 pour 100 sans enveloppe.

On peut opérer d'une manière un peu plus approchée en choisissant dans les tableaux des cas où les éléments de pression, d'introduction et de nombre de tours seraient sensiblement les mêmes, c'est ce que nous avons fait dans l'exemple suivant :

Numéros des essais	Pression effective	Admission	Nombre de tours	CONSOMMATION avec enveloppe	CONSOMMATION sans enveloppe	Différence
			Marche avec condensation.			
27 et 4	7k.75	0,125	58.1 et 57.7	7k.87	9k.84	25 °/o
31 et 8	6.25	0,140	60 et 59.1	7.83	8.90	13
36 et 14	4.50	0,250	59 et 59.2	8.30	8.43	1
41 et 19	3.50	0,290	59.5 et 59.4	8.80	8.85	0
			Marche sans condensation.			
58 et 46	7.75	0,130	62 et 61.7	9.90	12.7	29 °/o
62 et 51	5.50	0,235 et 0,245	61.6 et 60	9.75	11	13
64 et 53	3.50	0,230 et 0,245	60.5 et 61.4	11.32	12.20	8
66 et 55	3.50	0,580	60.3 et 60.9	12.86	13.50	5

L'examen de ce tableau, malheureusement très incomplet parce qu'on ne trouve pas suffisamment de cas où les pressions et les introductions soient les mêmes pour les divers modes de fonctionnement, indique, comme précédemment, un effet supérieur de l'enveloppe pour la marche sans condensation.

Nous nous hâterons d'ajouter qu'on ne saurait tirer des conclusions bien rigoureuses, au sujet de l'action des enveloppes, des faits observés sur la machine dont nous nous occupons; en effet, l'enveloppe est incomplète, elle n'existe qu'à la partie cylindrique et les fonds et couvercles du cylindre en sont totalement dépourvus; il n'y a, d'après notre calcul, de soumis à l'action rechauffante de la vapeur de l'enveloppe que les 0,72 de la surface totale de parois en contact avec la vapeur qui travaille, surface formée de la partie cylindrique, d'un fond et d'une face du piston.

3° L'enveloppe de vapeur est avantageuse pour les hautes pressions et les fortes détentes, son influence décroît lorsque la pression et le degré de détente diminuent; elle devient presque nulle pour les faibles pressions et les faibles détentes.

4° La compression est utile dans la marche sans condensation; son effet est d'autant plus grand que la pression à la fin de la compression se rapproche davantage de la pression de la vapeur admise. Ainsi à pression et

détente égales on a consommé $9^{kg},48$ par cheval indiqué et par heure avec compression au lieu de $9^{kg},75$ sans compression, soit un avantage du 3 pour 100, pour la marche sans condensation, la machine fonctionnant, il est vrai, avec enveloppe de vapeur, ce qui atténue l'avantage de la compression.

5° La machine expérimentée fonctionne dans de bonnes conditions, lorsque le travail effectif est compris entre 120 et 170 chevaux. En deçà et au delà de ces limites, la consommation de vapeur croît assez rapidement.

Lorsqu'on veut développer, avec la machine précitée, un travail supérieur à 150 chevaux, l'avantage de la condensation diminue; pour un travail d'environ 175 chevaux, il peut y avoir intérêt à supprimer le condenseur, à comprimer la vapeur dans les espaces nuisibles à la fin de l'échappement et à employer la vapeur émise à réchauffer l'eau d'alimentation.

6° Les condensations de vapeur à l'admission augmentent avec la pression. Les poids absolus de vapeur condensée subissent des variations assez complexes pour des admissions inférieures à 20 pour 100; mais, pour des admissions plus grandes, ils vont en diminuant progressivement. Ils deviennent nuls, ou du moins très faibles, pour une pleine admission. Il en est de même, *à fortiori*, pour les proportions des condensations relativement au poids de vapeur fourni par la chaudière.

L'enveloppe diminue les condensations initiales; la présence ou l'absence de condenseur n'exercent qu'une influence secondaire.

L'importance des condensations initiales paraît dépendre surtout des phénomènes de refroidissement qui se produisent pendant l'expansion.

Les conclusions précédentes appellent quelques observations. On doit faire remarquer d'abord que les condensations calculées sont évidemment exagérées, car elles ont été obtenues par la différence du poids de vapeur calculé sur le diagramme d'indicateur à la fin de l'admission, avec le poids d'eau d'alimentation observé, sans tenir compte de l'eau entraînée; il y a donc à la fois cause d'incertitude et cause d'erreur. En second lieu, lorsque M. Delafond dit que la présence ou l'absence du condenseur n'exerce qu'une influence secondaire sur les condensations intérieures au cylindre, il faut sous-entendre: pour des chutes totales de températures égales ou à peu près; cette réserve admise, nous considérons que ce fait a été depuis plusieurs années mis en évidence par le succès des machines compound sans condensation; beaucoup d'ingénieurs soutenaient que l'emploi de la détente dans des cylindres séparés n'était intéressant que pour les machines avec condensation; nous avons eu l'honneur de soutenir une discussion à ce sujet avec M. Dupuy de Lôme; nous étions d'avis que, du moment où la chute de température dans le cylindre, c'est-à-dire la différence entre la température de l'admission et la température de l'échappement était la même, peu importait que la machine fût à condensation ou sans condensation, un vide partiel n'étant d'ailleurs qu'une pression absolue très faible et ne jouissant, à notre avis, d'aucune propriété particulière, comme le

voulait notre éminent contradicteur. L'expérience a complètement confirmé notre manière de voir.

7° Les évaporations ou condensations qui ont lieu pendant la détente sont complexes, surtout en ce qui concerne les hautes pressions.

Pour les pressions moyennes ou faibles, lorsqu'on fait croître l'admission on a d'abord des évaporations; ces dernières arrivent à être nulles pour certaines admissions, puis font place à des condensations.

L'enveloppe augmente les évaporations.

Les pressions de $4^{kg},50$ et $3^{kg},50$ donnent les plus fortes proportions de vapeur régénérée pendant la détente.

8° Les pressions modérées sont les plus avantageuses parce qu'elles correspondent à de faibles condensations à l'admission et à de fortes évaporations pendant la détente. Il est évident qu'il faut ajouter : avec l'enveloppe, car autrement cette forte évaporation ne pourrait s'effectuer qu'aux dépens de la chaleur des parois du cylindre et amènerait nécessairement des condensations considérables à l'admission.

9° Une augmentation de vitesse donnée au piston, et l'emploi, dans l'enveloppe, de vapeur plus chaude que la vapeur admise sont économiques.

10° Enfin nous avons vu que dans la marche sans condenseur, pour des pressions de $5^{kg},50$ et $3^{kg},50$, et avec de fortes admissions, il était difficile d'admettre la présence permanente, dans le cylindre, d'eau en proportion notable.

Il ne peut entrer dans le cadre de ce compte rendu de discuter en détail les conclusions de M. Delafond; la plupart de ces conclusions tendent à confirmer des faits déjà connus, quelques-unes nous paraissent exiger des réserves. En tout cas les expériences faites au Creusot présentent un grand intérêt et on ne peut que désirer voir MM. Schneider et Cie les répéter sur une machine compound.

Les résultats obtenus dans les essais qui précèdent sont du reste des résultats pratiques, car ils s'accordent entièrement avec ceux qui ont été réalisés dans des essais faits par notre collègue, M. Walther-Meunier, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, sur une machine Corliss à condensation du Creusot montée en Alsace. Cette machine a un piston de $0^{m},500$ de diamètre et $1^{m},10$ de course, dimensions sensiblement les mêmes que celles de la machine précédente. Avec une vitesse moyenne de 58.9 à 59.8 tours par minute, et pour un travail indiqué moyen de 153,8 chevaux correspondant à une admission de 0,17 à 0,18, pour 9 kilogrammes de pression à la chaudière et 5 kilogrammes de pression à la machine, la dépense de vapeur par cheval indiqué et par heure a été trouvée de $7^{kg},71$.

M. Walther-Meunier ajoute qu'il n'avait pas jusqu'à ce jour expérimenté de moteur à un cylindre dont la consommation fût aussi faible.

Étude des **Travaux exécutés au tunnel de l'Arlberg**, par

M. Revaux, ancien élève externe de l'École supérieure des mines.
Cette note examine successivement les conditions géologiques, le mode d'attaque, le système de perforation, la marche du travail, les compresseurs, les moteurs et la ventilation, avec d'intéressantes comparaisons avec les questions analogues du tunnel du Gothard.

Notice nécrologique sur M. **Guillebot de Nerville,** inspecteur général des mines, par M. Lorieux, ingénieur en chef des mines.

Statistique des **Caisses de secours pour les mineurs** et des autres institutions de prévoyance ayant fonctionné sur les houillères en 1882. Rapport présenté à M. le Ministre des travaux publics, par M. Keller, ingénieur en chef des mines.

Notice nécrologique sur M. **Brossard de Corbigny,** ingénieur en chef des mines, par M. Lorieux, ingénieur en chef des mines.

COMPTES RENDUS MENSUELS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-OUEST

Séance du 12 avril 1885 à Alais.

Communication de M. Fumat sur sa **lampe de sûreté**.
Cette lampe est munie d'une nouvelle disposition qui lui permet de résister à l'extinction dans tous les courants, quelle que soit leur force ou leur inclinaison. C'est une couronne de tôle fixée sur les montants du cadre, à la hauteur du sommet de la cheminée et qui s'oppose au passage du courant ascendant, lequel, venant battre contre le couvercle, était refoulé dans la cheminée et produisait l'extinction. En outre l'anneau protecteur du tamis d'admission d'air est prolongé d'une certaine quantité vers le bas.

Communication de M. Rigaud sur **les explosions imprévues de coups de mines**.
Il s'agit d'un accident arrivé aux mines de Molières, où un coup chargé à la poudre ordinaire ayant fait canon, une cartouche de dynamite introduite dans le trou quelques heures après amena une explosion qui blessa grièvement un ouvrier. Ce fait paraît difficile à expliquer dans les conditions où il s'est produit; on peut indiquer comme cause possible une exsudation de nitroglycérine amenée par la mauvaise qualité de la dynamite employée.

Communication de M. Peyre sur l'**emploi des agglomérés dans les hauts fourneaux de Tamaris.**

L'emploi des briquettes se continue régulièrement dans les hauts fourneaux de Tamaris, on y mélange à poids égal les briquettes et le coke ; il y a économie notable sur le poids du combustible dépensé et les gaz recueillis ont un pouvoir calorifique plus considérable.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 4 avril 1885.

Communication de M. Grand'Eury sur **le graissage automatique et continu des machines à vapeur.**

M. Macabies a imaginé divers appareils pour effectuer dans les machines à vapeur un graissage automatique et continu.

Le principe du premier appareil est l'emploi d'un diaphragme, lequel manœuvre une sorte de petite pompe qui aspire l'huile dans un réservoir, puis la refoule dans le cylindre de la machine ; les mouvements de ce diaphragme s'effectuent dans un sens et dans l'autre sous l'action de la pression qui existe dans le cylindre pendant l'aller et le retour du piston de la machine.

L'appareil peut être à simple où à double effet, cette dernière disposition est seule applicable aux grandes machines.

Un autre appareil, dit *lubrificateur universel,* comporte un cylindre contenant l'huile lequel a son piston pressé par un piston d'un plus grand diamètre sur lequel agit la vapeur ; il résulte de cette disposition que l'huile est soumise à une pression supérieure à celle de la vapeur et peut par conséquent être injectée à un point quelconque de la machine.

Communication de M. Buisson sur la **fermeture des lampes de sûreté, système Cavelier.**

Dans ce système, le fonctionnement du taquet permettant de dévisser la partie supérieure de la lampe est obtenu au moyen d'un fluide agissant par compression, de l'air, de l'eau ou une huile quelconque. On peut ainsi donner au ressort de retenue une puissance assez considérable pour empêcher l'ouverture de la lampe par des chocs ou par l'aide d'outils propres à forcer le ressort.

Il suffit d'appuyer l'orifice d'un tube communiquant avec le petit cylindre contenant le piston qui presse sur le ressort contre un bec en rapport avec un réservoir contenant le fluide sous pression.

Cette disposition expérimentée aux mines de Douchy (Nord) a donné des résultats si satisfaisants qu'elle vient d'être adoptée dans toutes les exploitations de ce charbonnage.

La résistance des ressorts à boudins est, dans les différentes variantes, réglée de façon que l'ouverture ne puisse être produite que sous une pression de 20 atmosphères au minimum, sans autre limite supérieure que celle des facilités de réalisation pratique.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 17. — 25 *avril* 1885.

Distribution d'eau de Barmen, par Herm. Glass (*suite*).

Becs à gaz intensifs, par G. Schaar.

Diagrammes de distribution par tiroirs, par Ed. Daelen.

Métallurgie. — Zinc. — Plomb. — Cuivre. — Nickel. — Iridium. — Antimoine. — Mercure.

Groupe de Carlsruhe. — Dynamomètre. — Pompe à faire le vide. — Canalisation de Carlsruhe. — Découverte du pétrole à Pelchelbronn.

Groupe de la Ruhr. — Fabrication de l'acier Martin. — Les alliages métalliques et leur emploi dans l'industrie.

Patentes.

Bibliographie. — Projet du chemin de fer du Harz — Gernrode — Harzgerode — Berga, par W. Hortmann. — Projets d'atelier central pour le chemin de fer à Witten. — Ouvrages adressés à la Société.

Variétés. — Nouveau mode d'expériences sur la marche. — Production des métaux précieux en 1883.

N° 18. — 2 *mai* 1885.

Distribution d'eau de Barmen, par Herm. Glass (*fin*).

Mesure de l'eau entraînée avec la vapeur, par Alf. Seemann.

Exploitation des mines, usines et salines en Prusse en 1883 (*fin*).

Groupe du Palatinat et de Saarbruck. — Expériences sur une machine de laminoir avec distribution de précision. — Pince à soulever les rails.

Groupe de Poméranie. — Corrosion dans les chaudières marines.

Patentes.

Bibliographie. — Entretien de l'énergie solaire, de William Siemens. — Procédé Bessemer basique ou procédé Thomas, de Herm. Wedding.

Variété. — Lancements et essais de navires. — Exposition de Nuremberg.

N° 19. — 9 *mai* 1885.

Recherches sur la résistance de la glace, par A. Fruhling.

Métallurgie. — L'argent.

Construction des cheminées circulaires.

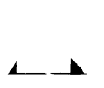
Groupe de Magdebourg. — Le sondage le plus profond du monde. — Avancement des travaux du pont du Forth. — Pompes à air. — Résolution des groupes de Francfort et de Cologne.

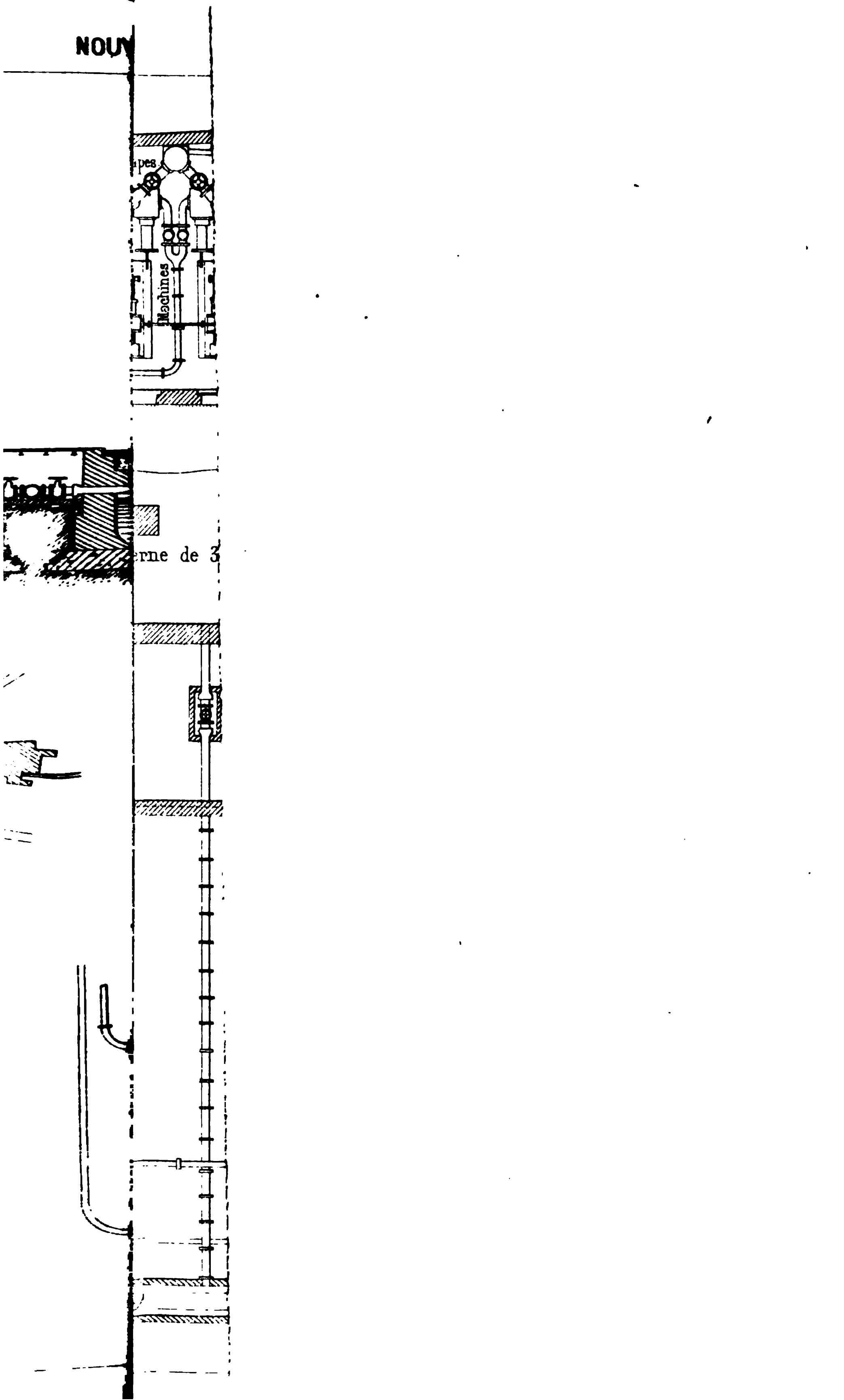
Patentes.

Correspondance. — Dimensions des lumières dans les cylindres des machines à vapeur.

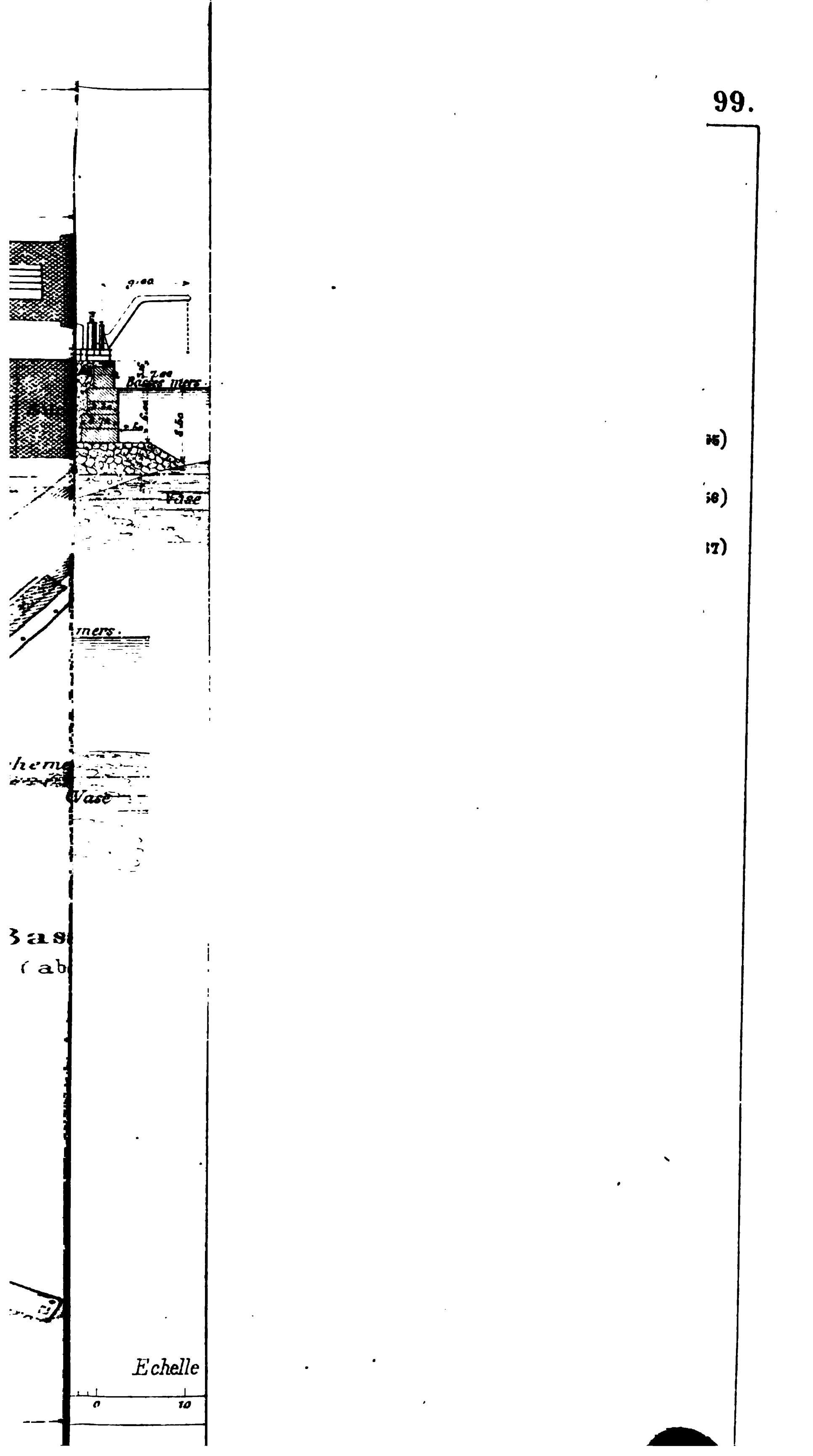
Variétés. — Conduite des chaudières à vapeur.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.





NOU
pes
Machines
erne de 3



99.
Basses mers
Vase
mers.
Vase
Echelle
0
10

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1885

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin :

1° Observation de M. Bourdais à propos du procès-verbal de la précédente séance (séance du 5 juin, page 718) ;

2° Réclamation présentée par M. Émile Trélat, au sujet de la lettre de M. Léon Thomas insérée dans le procès-verbal de la séance du 22 mai, page 625 (séance du 5 juin, pages 718 à 720) ;

3° Observation de M. Gillot, à propos du procès-verbal de la séance du 22 mai (séance du 5 juin, page 721) ;

4° Lettre de M. E. Bourry, relative aux *oscillations imprimées par le vent aux constructions élevées* (séance du 5 juin, pages 721 et 722) ;

5° Lettre de M. A. Mallet, accompagnant l'hommage fait par lui à la Société d'une épreuve photographique de la locomotive Compound, système Mallet, en service sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz (séance du 5 juin, page 723) ;

6° Communication de M. Paul Sage sur l'*Industrie du naphte au Caucase :* description et exploitation (séance du 5 juin, pages 723 à 729) ;

7° Résumé par M. Auguste Moreau du rapport de M. H. de Leyn sur la *Conservation des viandes par le froid* (séance du 5 juin, pages 729 à 736) ;

8° Observations de MM. Edmond Roy, Bourdais et Lavezzari, sur le même sujet (séance du 5 juin, pages 736 et 737) ;

9° Sommaire des travaux du *premier Congrès international de navi-*

gation intérieure, tenu à Bruxelles, du 24 mai au 2 juin, présenté par M. Fleury, l'un des délégués de la Société à ce Congrès (séance du 5 juin, pages 737 et 738);

10° Exposé de la *situation financière de la Société*, par M. G. Loustau, Trésorier (séance du 19 juin, pages 739 et 740);

11° *Compte rendu statutaire* par M. de Comberousse, Président :

Libération complète de l'hôtel de la Société, historique succinct des progrès de la Société, situation actuelle;

Médailles d'or de la Société décernées à MM. Joubert et Fleury pour leur mémoire sur les *travaux du port de la Réunion*, et à M. Bertrand de Fontviolant, pour son mémoire sur le *calcul des poutres continues, méthode générale analytique et méthode graphique ;*

Prix Nozo décerné à M. Auguste Moreau pour ses communications et son dernier mémoire sur *les chemins de fer économiques ;*

Détails relatifs au *voyage* que la Société est invitée à faire en *Belgique*, au mois d'août ;

La loi du recrutement à la Chambre des députés, Discours de notre collègue, M. F. Reymond (séance du 19 juin, pages 741 à 750) ;

12° Communication de M. Duroy de Bruignac, sur la *Théorie des hélices propulsives* (séance du 19 juin, pages 750 à 755);

13° Observations de MM. Quéruel, Edmond Roy, Sordoillet, Léon Thomas, Badois, de Bruignac et Ch. Herscher, sur la communication précédente (séance du 19 juin, pages 755 à 760).

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

1° De M. Hersent, membre de la Société, un exemplaire d'une notice explicative sur les moyens d'exécution proposés et mis en œuvre par lui au port de Saïgon, pour la construction d'un bassin de radoub dans l'arsenal de cette ville, au moyen de caissons métalliques et par l'emploi de l'air comprimé ;

2° De M. Cornuault, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur *le gaz à Paris et à Londres ;*

3° De M. Lavalard, membre de la Société, deux exemplaires de son *Rapport sur les opérations du service de la cavalerie et des fourrages à la Compagnie générale des Omnibus de Paris*, pendant l'année 1884 ;

4° De la chambre de commerce de Dunkerque, un exemplaire du *Recueil des procès-verbaux des séances* de cette chambre : Tableau statistique du commerce du port et de la circonscription consulaire de Dunkerque ;

5° De M. Chapman, membre de la Société : 1° un exemplaire d'une brochure intitulée : *Recent progress in the public supply of hydraulic*

power, par M. E. B. Ellington; 2° un exemplaire d'une brochure intitulée : *Ellington's system of hydraulic balance lifts for Passengers and Goods;*

6° De M. Webb, membre de la Société, quatre photographies de la locomotive Compound;

7° De M. A. Mallet, membre de la Société, une épreuve photographique de la locomotive Compound, système Mallet, en service sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz, depuis 1877;

8° De M. Périssé, membre de la Société, un exemplaire de sa conférence sur *le bronze*, faite le 22 mars 1885, au Conservatoire des arts et métiers;

9° De M. Cotard, membre de la Société, un exemplaire de sa communication faite au Congrès agricole de Toulouse, en mai 1885, sur l'*aménagement des eaux;*

10° De M. Monchot, membre de la Société, deux exemplaires de sa note sur *les gisements aurifères du district de Caratal* (Guyane vénézuélienne);

11° De M. Fortin, Hermann-Adolphe, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur *le système des lignes télégraphiques et téléphoniques enfermées;*

12° De M. Albert Urban, membre de la Société, un exemplaire de son *recueil contenant les divers modes d'exploitation des gares communes en Belgique.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Bert présenté par MM. Buquet, Contamin et Noblot.
Bertrand Bocandé présenté par MM. Carimantrand, Lartigue et Mallet.

Bornet	—	Aigalenq, Demolon et Jaunet.
Cirier	—	Boistel, F. Gautier et Girard.
Compère	—	Jordan, Jourdain et E. Muller.
Gerstner	—	de Comberousse, Polonceau et Tresca.
Kramer	—	de Comberousse, Brüll et Polonceau.
Montvoisin	—	de Comberousse, Aug. Moreau et de Nansouty.
Rolland	—	Clerc, J. François et Ch. Herscher.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1885

Séance du 5 Juin 1885.

Présidence de M. de Comberousse

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président a le vif regret d'annoncer le décès de plusieurs membres de la Société.

Ce sont : M. Bapterosses, le grand manufacturier de Briare, qui était membre associé; M. Barros Barreto, ancien élève de l'École centrale, promotion 1850; M. Cruchet, ancien élève de l'École centrale, promotion 1876, attaché à la compagnie Nobel; M. Delapchier, ancien élève de l'École centrale, promotion 1869, fabricant de bougies; M. Laveissière, métallurgiste; M. Vollot, ancien capitaine du génie.

M. Barros-Barreto est mort à la fin de 1881, au Brésil, son pays natal, et sa perte ne nous avait pas été notifiée.

M. le Président demande s'il y a quelques observations sur le procès-verbal de la séance du 22 mai.

M. Bourdais veut dire un mot, non sur le procès-verbal, mais à propos du procès-verbal. Il tient à faire remarquer que la question d'écrasement n'est pas une question d'opinion, une question de plus ou moins grande hardiesse de la part du constructeur : c'est une question de chiffres. La résistance du granit à l'écrasement variant de 600 kilogrammes à 2 400 kilogrammes, on est fondé à prétendre qu'en adoptant la proportion du vingtième, on peut aller, dans l'emploi du granit, jusqu'à une pression de 120 kilogrammes par centimètre carré.

M. le Président. M. Trélat a la parole, aussi à propos du procès-verbal.

M. Trélat veut présenter une réclamation au sujet de la lettre de M. Léon

Thomas, lettre qui a été publiée dans le dernier procès-verbal, et que M. Trélat demande la permission de relire à la Société.

Il est absolument forcé de venir au nom de la Société de Médecine publique...

M. Léon Thomas demande à quel titre.

M. Trélat prie M. Léon Thomas de le laisser parler, il répondra s'il le juge nécessaire. — La lettre qu'il vient de relire n'est pas exacte dans ses termes. — La grande question de la salubrité, du nettoiement de Paris, qui a été si consciencieusement et si laborieusement étudiée à la Société de Médecine publique, n'a pas donné lieu au vote exprimé dans cette lettre. Il n'a pas été dit qu'on n'écoulerait pas les matières fécales avec les eaux d'égout.

M. Trélat rétablit les faits. Dans sa séance du 24 décembre 1884, la Société de Médecine publique a voté, par *soixante-dix voix contre six*, les conclusions suivantes de son rapport :

« *Les eaux d'égout seront employées en épandages sur des sols perméables. Les épandages se feront en quantités proportionnées à la profondeur et au degré de perméabilité de ces sols.* »

Dans la même séance, elle a repoussé, par *vingt-neuf voix contre dix-neuf*, l'amendement suivant de M. Duverdy :

« *On ne doit pas répandre sur le sol des eaux d'égout contenant des matières de vidange.* »

Il semblait que ces deux votes de séance publique émis sur le travail d'une commission qui avait travaillé trois ans et qui avait conclu à l'*unanimité moins une voix*, devaient clore la grande étude qu'avait engagée la Société. Mais, deux mois plus tard, la discussion se rouvrait sur un amendement nouveau de M. Brouardel, ainsi conçu :

« L'épuration des eaux d'égout par le sol ne peut être autorisée que si les eaux d'égout ne contiennent pas de matières excrémentitielles humaines. »

La Société, ce jour-là, se partagea, 42 voix contre 42 voix, sur cet amendement qui reproduisait exactement sous d'autres mots l'amendement Duverdy repoussé deux mois auparavant.

Mais ce n'est pas tout ! La Société de Médecine publique est très jeune et très *ouverte* c'est-à-dire très facile aux flots de membres inhabitués à ses travaux. Ceux-ci se sont empressés aux suites d'une discussion épuisée, mais entourée d'intérêts, de passions et de conflits qui n'ont rien à faire avec la science. De là, dans une séance nombreuse, émue, troublée, un nouveau vote sur un texte qu'il suffit de lire pour montrer qu'il n'exprime rien, tant il a fallu l'alambiquer pour l'adapter à la réunion. Voici le texte :

« L'épandage, comme moyen de débarras, d'utilisation et d'épuration par le sol, des eaux d'égout, chargées des matières de déjections humaines, ne saurait être admis et pratiqué sans dangers, tant que ces matières n'auront pas été préalablement mises hors d'état de nuire par le principe de

transmission et de propagation morbides, dont elles sont le réceptacle et le véhicule. »

Voilà ce qui a été voté, et pas autre chose. Entre constater cela et prétendre que la Société de Médecine publique a dit, que les eaux d'égout ne seraient utilisées qu'à la condition d'être exemptes de matières fécales, il y a un monde. M. Trélat nie que personne ait le droit de le dire. D'ailleurs, il est absolument inexact de prétendre que la ville de Paris ait renoncé à l'utilisation agricole des eaux d'égout plus ou moins chargées de matières de vidange ; il affirme le contraire.

M. le Président donne la parole à M. Léon Thomas, en le priant de ne pas entrer dans le fond de la question.

M. Léon Thomas veut seulement répondre que les conclusions du rapport de M. Trélat, favorables à la projection de la vidange dans les égouts, ont été rejetées par la Société 'de Médecine publique. Par le vote d'une première résolution, on a admis l'épandage des eaux d'égout, en réservant la question des vidanges; et quand, dans la seconde partie de la discussion, il s'est agi de décider si l'eau d'égout ainsi déversée sur le sol pourrait contenir les matières fécales, la réponse a été négative.

M. Léon Thomas pense que la question reviendra devant la Société des Ingénieurs civils et que, sans avoir besoin de récriminer alors sur les opinions de la Société de Médecine publique ou de la chambre syndicale des produits chimiques, on y étudiera la question en songeant seulement au débarras des villes, à l'hygiène, ainsi qu'à l'intérêt agricole. Il donne rendez-vous à M. Trélat pour discuter la question, le jour où elle sera portée devant la Société.

M. Trélat n'accepte pas la lettre de M. Léon Thomas.

M. Léon Thomas affirme que la Société de Médecine publique a émis un vote défavorable au « *tout à l'égout.* »

M. Trélat a exactement raconté ce qui s'est passé. Il répète qu'il est impossible d'y trouver l'explication de la lettre de M. Léon Thomas.

M. Léon Thomas répond que la Société de Médecine publique a pris soin de ne pas approuver l'épandage des eaux d'égout telles qu'elles sont aujourd'hui; car elles renferment une certaine proportion des vidanges. M. Léon Thomas avait présenté un amendement à la suite duquel il fut expressément entendu que la question des vidanges était entièrement réservée. Cette seconde partie de la discussion a été close par le vote de la proposition du docteur Laborde dont M. Trélat a donné lecture, et qui est aussi défavorable que possible au tout à l'égout.

M. le Président ne voudrait pas que ce débat devînt un débat passionné. M. Trélat a fait des observations sur la lettre de M. Léon Thomas, qui a répondu, cela suffit. La question est capitale, elle pourra revenir devant la Société. Comme le disait M. Léon Thomas, lorsque cette question sera à l'ordre du jour, nous aurons le plaisir d'entendre M. Trélat la traiter avec son talent et sa grande compétence. Lors de la discussion,

un courant d'idées s'établira pour ou contre, et la Société pourra manifester ses tendances.

M. Gillot a la parole, à propos du procès-verbal.

M. Gillot s'étonne qu'on ait paru accepter comme une chose toute simple, dans la discussion qui a eu lieu à la dernière séance, que le travail se transforme en chaleur et en lumière. M. Gillot n'est pas de cet avis, et il a pour lui le sentiment de tous les physiciens. Qu'on ouvre tous les ouvrages de physique, et l'on verra que la chaleur et la lumière sont des objets immatériels; ils ne peuvent donc produire des résultats matériels.

Quant à la discussion sur la dispersion de la lumière, elle a été à peine effleurée. M. Gillot a fait lui-même, il y a longtemps, des expériences sur la diffusion de la lumière et, notamment, sur l'emploi des surfaces paraboloïdes. Il soutient qu'on ne peut employer ces surfaces pour la dispersion de la lumière. Si l'on peut y avoir recours dans les phares, on ne peut le faire dans l'éclairage des villes. Il cite une expérience qu'il a essayée dans une grande ville, où il avait installé un éclairage en 1835. L'impossibilité de faire usage des surfaces paraboloïdes a été constatée.

M. le Président dit que, sous le bénéfice des observations qui précèdent, le procès-verbal de la séance du 22 mai est adopté.

M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante de M. E. Bourry.

« Paris, 4 juin 1885.

« Monsieur le Président,

« Comme je n'ai pu me rendre à la dernière séance et qu'il me sera probablement impossible d'assister à la prochaine, je prends la liberté de vous adresser quelques observations sur une question à laquelle plusieurs de nos collègues ont fait allusion, à propos de la discussion des projets de MM. Eiffel et Bourdais. Je veux parler des oscillations imprimées par le vent aux constructions élevées. Dans ma pratique d'ingénieur, j'ai eu, en effet, fréquemment à construire des cheminées de grandes dimensions, et à me préoccuper de l'action que le vent pouvait exercer sur elles.

« En observant des cheminées pendant un grand vent, j'ai souvent remarqué les oscillations dont ont parlé MM. Lavezzari et Bodin. Je n'ai point eu l'idée de me servir du petit miroir dont M. Lavezzari nous a entretenus; mais le soleil m'a plusieurs fois donné le moyen d'évaluer exactement l'amplitude de l'oscillation en mesurant directement, sur le sol, le mouvement de l'ombre portée par le faîte de la cheminée.

« Tout récemment, dans les environs de Marseille, j'ai eu l'occasion de constater, en me servant de ce procédé extrêmement simple, que, par un vent de mistral, une cheminée de 35 mètres de hauteur et de 1m,20 de diamètre extérieur au sommet, présentait des oscillations atteignant au maximum 50 centimètres.

« L'observation du mouvement de l'ombre portée permettait de recon-

naître qu'en admettant une impulsion initiale unique, le nombre des oscillations aurait été probablement de 4 à 5, jusqu'au moment où la cheminée serait revenue au repos.

« Le vent, en effet, agit ordinairement par rafales ou, tout au moins, la pression qu'il exerce n'est pas constante. Sous une première impulsion, la cheminée s'infléchit ; puis, la pression cessant ou diminuant, elle revient à sa position primitive qu'elle dépasse, en oscillant pendant quelque temps. Si une seconde rafale se produit, celle-ci peut, suivant l'instant de son action, augmenter ou diminuer l'amplitude de l'oscillation. Il peut même se faire qu'à la suite de plusieurs impulsions isochrones avec les oscillations, celles-ci deviennent assez grandes pour déterminer la rupture et la chute de la cheminée. Telle est l'explication que l'on doit donner de la destruction de certaines cheminées qui remplissaient toutes les conditions de stabilité déduites des lois de la statique.

« Lorsque les cheminées sont bien construites, avec des matériaux convenables, on doit les considérer comme des solides encastrés à leur base, ayant à résister à l'action d'une force extérieure intermittente, dirigée perpendiculairement à leur axe. Cette force peut provoquer non seulement un moment de renversement, mais encore des oscillations d'amplitude variable avec l'intensité de la force et la nature des matériaux. Il en résulte que, dans une section quelconque, certaines parties sont plus chargées que ne l'indiquerait la statique et que d'autres travaillent à l'arrachement.

« Dans l'état actuel de nos connaissances, il me semble difficile d'établir une formule qui tienne compte de tous ces efforts ; car on ne peut apprécier suffisamment, ni l'élasticité des matériaux employés, j'entends des maçonneries, ni les pressions exercées par le vent soufflant en rafales.

« Pour la pratique ordinaire, on peut, en l'absence d'autre méthode, déterminer le moment des forces et multiplier le résultat obtenu par un coefficient de sécurité, déduit de l'examen des constructions existantes. Mais, pour des œuvres dépassant de loin tout ce qui a été fait, une méthode aussi rudimentaire doit être absolument condamnée.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

« C.-E. Bourry. »

M. le Président signale parmi les ouvrages reçus :

Un exemplaire d'une notice explicative de M. Hersent, membre de la Société, sur les moyens d'exécution qu'il a proposés et mis en œuvre au port de Saïgon, pour la construction d'un bassin de radoub dans l'arsenal, au moyen de caissons métalliques et par l'emploi de l'air comprimé ;

Un exemplaire du très intéressant mémoire de M. Cornuault, membre de la Société, sur le gaz à Paris et à Londres ;

Deux exemplaires du rapport de M. Lavalard, membre de la Société, sur les opérations du service de la cavalerie et des fourrages de la compagnie générale des omnibus, pendant l'année 1884 ;

Un exemplaire du recueil des procès-verbaux des séances de la chambre de commerce de Dunkerque : Tableau statistique du commerce du port et de la circonscription consulaire de Dunkerque.

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

M. le Président signale encore :

La photographie de la coupole de l'observatoire de Nice, hommage de M. Eiffel à la Société ; quatre photographies de la locomotive Compound, adressées par M. Webb ; enfin, une épreuve photographique de la locomotive Compound, système Mallet, en service sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz, offerte par M. Mallet, qui écrit à cette occasion la lettre suivante.

« Paris, 5 juin 1885.

« Monsieur le Président,

« C'est devant la Société des Ingénieurs civils qu'a été exposée pour la première fois, et dès 1876, la question de l'application du fonctionnement compound aux locomotives, et je n'ai pas perdu le souvenir de la bienveillance avec laquelle la Société a écouté ma communication sur ce sujet.

« Je viens, à l'occasion de l'entrée dans leur *neuvième année de service* des machines Compound du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, ouvert le 2 juin 1877, faire hommage à la Société de la photographie de celle de ces machines qui figurait à l'Exposition universelle de 1878.

« En présence du développement considérable que tend à prendre la locomotive Compound à l'étranger, il n'est peut-être pas inutile de rappeler qu'elle est née en France ; personne, du reste, ne le conteste encore ; et on peut espérer qu'il ne se produira pas pour cette machine ce qui est arrivé pour d'autres progrès, même assez récents, des moteurs à vapeur, progrès dont l'origine absolument française a fini peu à peu par être presque complètement méconnue.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

« A. Mallet. »

L'ordre du jour appelle la communication de M. Paul Sage sur l'*industrie du Naphte au Caucase :* description et exploitation.

M. Paul Sage a la parole.

(Cette communication devant être insérée *in extenso* dans le Bulletin, nous n'en donnons ici qu'un résumé succinct).

M. Paul Sage commence par décrire à grands traits, en voyageur, le curieux pays qui fait le sujet de sa communication, et il accompagne ces descriptions de vues photographiques qu'il a exécutées pendant ses voyages.

L'axe principal du massif caucasien s'étend du nord-est au sud-ouest : de la presqu'île de Taman sur la mer Noire à la presqu'île d'Apchéron sur la mer Caspienne ; longueur 1 200 kilomètres environ. Il se continue à travers la

Caspienne, s'accusant par un seuil sous-marin, puis par une série de montagnes et de collines, traverse une partie du Turkestan et se termine près de Merv.

Tous les climats se rencontrent au Caucase : les neiges éternelles recouvrent ses sommets élevés (il renferme des monts géants : l'Elbrouz de 5 646 mètres de hauteur, le Kozbek de 5 043 mètres); les vallées du Daghestan et le versant sud de la partie occidentale renferment la vigne et les arbres fruitiers. De Chemakha jusqu'à Bakou, au contraire, la terre végétale devient de plus en plus rare et disparaît presque aux approches de la terre du naphte.

Sur les versants de la grande arête se rencontrent les formations jurassique, crétacée et tertiaire. Le pays est très riche en produits miniers : on y exploite le cuivre, le manganèse, le soufre (Daghestan); le charbon de Tkviboula, dans les environ de Koutaïs, commence à être extrait. On y trouve aussi le fer (hématites rouge et brune), le cobalt, l'argent, le plomb, le sel gemme, le sulfate de soude, mais c'est le naphte qui donne lieu à l'exploitation la plus considérable.

Le naphte se rencontre sur un grand nombre de points de la chaîne : notamment dans la presqu'île de Taman, à Chemakha; mais ce sont les exploitations de Balakhany et de Sabountchy, dans la presqu'île d'Apchéron, qui en renferment les plus riches gisements. Le naphte s'y rencontre dans l'étage inférieur du Pliocène, sur les points de lignes de fractures anticlinales où les érosions des eaux ont creusé des combes laissant la couche naphtalifère à découvert. Ces lignes de fracture sont généralement accompagnées de salses laissant écouler de l'eau salée et sulfurée, du naphte, et de l'hydrogène carboné plus ou moins mélangé d'acide carbonique, et souvent inflammable. La vallée de Balakhany est une vallée de fracture anticlinale.

La surface minière exploitée dans l'Apchéron s'étend sur 400 hectares; 450 puits environ sont forés, dont la moitié à peine exploités pour fournir à la consommation courante des usines de distillation et aux demandes de l'exportation.

Les terrains naphtalifères de Balakhany appartenant à la couronne étaient, avant 1873, affermés à des particuliers par périodes de quatre années ou exploités en régie; le naphte valait alors en moyenne 70 francs la tonne. A cette époque, le gouvernement fit vendre 17 lots de 10 dessiatines (11 hectares)[1] chacun. Depuis, il a distribué des concessions de 10 dessiatines à la fois, à charge par le concessionnaire d'y exécuter des travaux de recherches dans le délai de deux ans et de payer annuellement une redevance de 10 roubles par dessiatine.

La production annuelle du naphte s'est élevée de 4 127 000 pouds (66 045 t.) en 1873, à 70 000 000 de pouds (1 147 500 t.) en 1884.

1. La dessiatine = $1^{hect},0920$.
2. Le poud = $16^{kg},400$.

§ I. — EXCURSIONS DANS L'APCHÉRON ET SUR LE LITTORAL OUEST DE LA MER CASPIENNE AU SUD DE BAKOU.

Bakou, la ville sainte des anciens Guèbres, possède un port, station principale des lignes de bateaux qui desservent le littoral de la Caspienne, de Recht à Astrakhan en passant par Krasnovodsk, future tête de ligne du chemin de fer transcaspien, qui actuellement va de Mikhaïlovsk à Kisil-Arvad, se dirigeant sur Merv. La population est de 20 à 25 000 habitants : Persans, Tatars, Arméniens et Russes. Peu d'étrangers. Pendant l'hiver, les tatars cultivent un peu de blé dans l'Apchéron, mais à partir du mois de mai, toute végétation disparaît, brûlée par l'ardeur du soleil.

Le naphte se trouve en si grande quantité dans l'Apchéron que sa production n'est limitée que par la demande. Quand une fontaine[1], que l'on n'a pu maîtriser, jette journellement quelques centaines de tonnes de naphte, et cela pendant plusieurs semaines, ce naphte, qui s'est écoulé dans toutes les dépressions du sol environnant, est vendu à vil prix : 1/4 à 1/2 copek le poud (0 fr. 40 à 0 fr. 80 la tonne)[2]. En temps ordinaire, il vaut en moyenne 7 fr. 60 la tonne.

Dans le port de Bakou, existent d'importantes sorties de naphte produisant des bouillonnements violents de gaz inflammable.

Balakhany. (C'est au pied du volcan de boue Bog-Boga, qu'a commencé l'exploitation du naphte dans l'Apchéron. On a depuis exploité deux régions situées à l'est. Chaïtan-bazar et Zolotoï-bazar; deux photographies rapportées par M. Sage indiquent combien les chevalements des forages sont rapprochés les uns des autres dans ces deux riches régions. Le naphte extrait est refoulé au moyen de conduites en fer étiré, soit à Tchornii-Gorodok (la Ville-Noire des distilleries), soit aux appontements du port de Bakou. Ces conduites ont de 8 à 11 kilomètres de longueur, et de 2 à 5 pouces de diamètre intérieur. On transporte aussi le naphte en vrac dans des wagons-citernes, longs cylindres en tôle, munis de robinets, et contenant 10 tonnes de liquide.

Les forages s'effectuent d'ordinaire au moyen du système à tige rigide, on cure à la tarière, mais on emploie quelquefois avec avantage la tige creuse dans laquelle on injecte de l'eau avec pression. — On emploie peu le système américain de la corde. Les forages sont tubés en fer au diamètre intérieur de 0m,15 à 0m,40.

L'exploitation quand, en l'absence d'une fontaine, le naphte a pris son

1. On nomme *fontaine* l'écoulement violent du naphte sous la presion des gaz intérieurs. Cette pression, continuellement variable, peut aller à 10 et même jusqu'à 20 atmosphères. Dans ce dernier cas, il est à peu près impossible de maîtriser la fontaine.
2. Le rouble au cours de 2 fr. 50.

niveau dans le puits, se fait soit au moyen d'une pompe, soit, plus ordinairement, au moyen d'un long seau en tôle muni d'un clapet de pied à tige saillante, contenance 120 à 160 kilogrammes de naphte, qu'on manœuvre au moyen d'un cordage enroulé sur un treuil à vapeur.

On considère un rendement journalier de 49 tonnes comme très bon et on n'exploite pas d'ordinaire un puits donnant moins de 10 tonnes.

Sourakhany. A 8 kilomètres au nord-est de Bakou. — Célèbre dans l'antiquité par l'Atescjah (demeure du feu) ou *Temple des feux éternels*, enclavé aujourd'hui dans la distillerie de la Société des naphtes de Bakou, qui emploie les gaz combustibles au chauffage des appareils de distillation.

On trouve là du naphte blanc, de couleur jaunâtre, pesant 0.760.

Littoral de la mer Caspienne. M. Sage passe en revue les diverses localités qui s'étendent au sud de Bakou, où il a relevé les indices de la présence du naphte. *La vallée de Yaçamal*, *Aliate* (le mont Gotour-Dag), les *monts Kurordag* et *Babazanane*, et enfin la localité dite *Naphtatchala*, à 12 kilomètres au sud de l'embouchure de la Koura, dans le steppe Mouklau, où existent de petits puits qui donnent du naphte à 5 ou 6 mètres de profondeur, et qu'on vend aux nomades persans à raison de 6 francs environ les 100 kilogrammes.

Il existe encore du naphte sur le rivage est de la Caspienne, à l'île de Tcheleken.

§ 2. — Transport du naphte.

C'est l'insuffisance des moyens de transport qui entrave le développement de l'industrie du naphte au Caucase. Jusqu'à l'ouverture de la section du chemin de fer Bakou-Tiflis, le naphte de l'Apchéron n'avait guère d'autre débouché que l'intérieur de la Russie par la mer Caspienne et le Volga, avec l'interruption obligée de 4 mois 1/2 de navigation pendant l'hiver.

Dans le Caucase même, on le transportait, renfermé dans des outres, par fourgons ou par chameaux.

De Bakou à Astrakhan, on expédie le naphte dans des bateaux-citernes, partie en vrac, partie en barils amarinés dans l'entrepont. Ces navires, en bois ou en fer, peuvent porter 500 à 1 000 tonnes. Ils s'arrêtent à la barre du Volga, devant Astrakhan, et transbordent leur chargement sur des bateaux à fond plat, calant très peu, qui s'arrêtent aux réservoirs d'emmagasinement de naphte, installés le long du fleuve, notamment à Tzaritzine, tête de ligne du chemin de fer.

Chemin de fer transcaucasien. Les producteurs de naphte de Bakou avaient beaucoup compté sur l'ouverture, en 1883, de la section Bakou-Tiflis ; et pourtant, on pouvait déjà prévoir avant cette époque que

le chemin de fer ne pourrait, sans nuire au transit général, transporter annuellement plus de 160 à 200 000 tonnes de naphte, chiffre auquel il n'arrive pas encore et qui cependant représenterait à peine le quart de la quantité que demanderaient l'ouest et le midi de l'Europe. Trois raisons principales paralysent l'action du chemin de fer : 1° De Tiflis à la mer, entre les stations de Mikhaïlovo et de Béjatoubane, sur une distance de 20 kilomètres environ, nombreuses courbes de moins de 300 mètres de rayon, pentes et rampes atteignant 48 millimètres par mètre, d'où nécessité de couper les trains en tronçons de 10 à 12 wagons, qu'on remorque au moyen de deux locomotives Fairlie de 58 tonnes; 2° Dans cette même partie, dont l'altitude atteint jusqu'à 930 mètres au-dessus de la mer Noire, les interruptions de la circulation sont assez fréquentes en hiver par suite d'amoncellements de neiges, éboulements de talus sur la voie; 3° Enfin le matériel spécial au transport du naphte : wagons-citernes, réservoirs de réception, etc., est insuffisant.

L'amélioration des conditions d'exploitation du chemin de fer devant porter tout à la fois sur de très importants travaux d'art et de terrassements et sur une grande augmentation du matériel, ne s'obtiendrait pas sans une dépense considérable, que ne compenserait pas l'accroissement de recettes résultant de l'augmentation du naphte transporté; car le prix fixé par le cahier des charges pour le transport du naphte, 1|45 de copek par poud-verste, ou 0 fr. 033 par tonne-verste, et 30 francs par tonne de Bakou à la mer Noire (rouble à 2 fr. 60), n'est pas rémunérateur, étant donné surtout que les wagons-citernes, ne pouvant servir au transport d'autres marchandises, doivent être ramenés à vide à Bakou.

Conduite de naphte de la mer Caspienne à la mer Noire. M. Sage croit à la nécessité d'installer entre Bakou et Batoum une conduite en fer étiré, avec relais de pompes de refoulement de distance en distance, comme cela se fait du reste en Amérique et comme il en existe aussi dans l'Apchéron pour des distances ne dépassant pas 10 à 11 kilomètres (il en donne sept exemples). La question est à l'ordre du jour en Russie.

En supposant qu'il s'agisse de transporter annuellement 52 250 000 pouds (856 557 tonnes) de naphte, pesanteur spécifique moyenne 0,867, en y comprenant le combustible nécessaire à la marche des machines; si on emploie une conduite en fer étiré de 0m 19 de diamètre intérieur, essayée à la pression de 100 atmosphères, la pression en marche courante ne devant pas dépasser 50 atmosphères, la formule générale est :

$$h = \left(1 + \zeta_1 + \zeta \frac{l}{d}\right) \frac{v^2}{2g}$$

dans laquelle :

h, en hauteur de naphte, pour 50 atm. $= \frac{10.33 \times 50}{0.867} = 595^m 70.$

ζ_1, coefficient de résistance à l'entrée de la conduite, et qu'on peut, comme pour l'eau, prendre égal à 0.505.

ζ, coefficient de frottement du naphte contre la paroi du tuyau qui, pour $d = 0.19$, serait, d'après Darcy, de 0,0226, mais que les résultats d'observations faites sur les conduites et le naphte de Bakou autorisent à supposer égal à 0.035, eu égard aux différences de températures résultant des différences d'altitudes sur les différents points du trajet de la conduite.

Volume total du naphte à transporter $\frac{856\,557}{0,867} = 987\,955$ mètres cubes ; débit par seconde, en supposant 6 600 heures de marche,

$$\frac{987955}{6600 \times 3600} = 0^{m^3},04158$$

$$V = \frac{0.04158}{\frac{\pi . \overline{0.19}^2}{4}} = 1^m.467$$

$d = 0^m,19$

$g = 9,81$ (valeur pour Paris, mais qui suffit dans un calcul qui n'a pour but que de fixer les idées).

On peut, de la formule précédente, tirer la valeur de *la station moyenne*, en faisant abstraction du relief du terrain, si accentué qu'il puisse être, la somme algébrique des pentes et des rampes étant théoriquement nulle. On trouve $l = 34\,387$ mètres.

La distance, mesurée sur la plate-forme du chemin de fer de Bakou à Batoum, est de 894 000 mètres, d'où le nombre des stations de la ligne

$$\frac{894\,000}{34\,387} = 26.$$

Force de la machine pour une station, en supposant un rendement de 80 pour 100 pour les pompes 358 chevaux de 75 kilogrammètres.

Épaisseur des tuyaux. Théoriquement elle devrait décroître depuis le départ de la station jusqu'à l'arrivée de la station suivante, c'est-à-dire de 50 atmosphères à 0, mais la nécessité de faire un bon joint oblige à une épaisseur de tuyau d'au moins 6 millimètres. On trouve par le calcul que cette épaisseur pourra s'étendre sur une longueur de la conduite de 25 171 mètres, jusqu'au point où la pression qui était de 50 atmosphères au départ de la conduite ne sera plus que de 36 atmosphères.

La formule de Lamé en supposant $R = 6^{kg}$ par millimètre carré donne pour l'épaisseur du tuyau à l'origine (50 atmosphères de pression), $8^m/_m,55$.

M. Sage, tout en reconnaissant que l'emploi d'une conduite unique est absolument rationnel au point de vue théorique, est partisan de deux tuyaux de même diamètre donnant ensemble un débit égal à la conduite unique

et munis chacun de pompes indépendantes. Il développe les raisons d'ordre absolument pratique qui motivent son opinion.

Il pense que le prix de transport par conduite ne reviendrait pas à plus de 19 francs la tonne (le chemin de fer coûtant 30 francs et ne suffisant pas). Il énumère rapidement les divers produits qu'on tire du naphte de Bakou : la benzine, l'huile lampante ou kéracine, qui, si on trouvait avantageux de distiller le naphte brut à Batoum, trouverait un débouché facile sur le littoral même de la mer : les 850 000 tonnes de naphte transportées n'en produisant que 256 000 tonnes, et Bakou en ayant envoyé 288 000 tonnes sur le Volga pendant l'année 1884 ; les huiles solaires, les résidus de première distillation dont on tire les huiles lubréfiantes dites oléonaphtes, et qui sont d'un excellent emploi comme combustible pour les machines à vapeur, une tonne de résidus développant autant de calories que 1t,700 de bonne houille, d'où leur emploi indiqué pour les bateaux à vapeur ; la vaseline, produit pharmaceutique d'une grande valeur ; et enfin, les huiles anthracéniques.

M. le Président remercie vivement M. Sage de sa communication. Notre confrère a séjourné longtemps au Caucase, de sorte que ce sont ses impressions personnelles et des renseignements extrêmement intéressants qu'il nous rapporte. Il vient de nous faire faire avec lui un très beau voyage dans ces régions. Toutes les photographies qu'il nous a montrées ont été prises par lui dans toutes les positions : en route, en chemin de fer, pendant des tourmentes de neige où il a couru des dangers assez graves...

M. le Président ajoute que le projet de M. Sage rendrait de grands services s'il était mis à exécution. Cette masse de naphte, s'écoulant dans une conduite jusqu'à la mer Noire, présente quelque chose de grandiose. Nous devons souhaiter que les travaux de M. Sage soient appréciés à leur juste valeur, lorsque le gouvernement russe étudiera la question.

L'ordre du jour appelle le rapport de M. H. de Leyn sur la *Conservation des viandes par le froid.*

M. H. de Leyn a écrit à M. le Président qu'il ne pouvait quitter Lille en ce moment, et qu'il lui demandait de faire lire son rapport par l'un de nos collègues. M. le Président a donc prié M. Auguste Moreau de vouloir bien préparer un résumé de la communication de M. H. de Leyn.

M. Auguste Moreau a la parole.

M. Auguste Moreau présente un résumé de l'intéressant mémoire de M. de Leyn, en laissant de côté, suivant l'usage constant établi à la Société, les considérations rentrant trop spécialement dans l'ordre des questions d'affaires financières.

La conservation des viandes par le froid est entrée depuis quelques années dans le domaine de la grande industrie. Cela a été un problème rempli de difficultés que celui du transport en Europe des viandes d'outre-mer dans un état de conservation parfaite. De nombreux procédés chimiques ont été essayés, mais tous ont échoué devant la défiance de l'hygiène, et il a fallu

renoncer à présenter aux acheteurs européens des viandes n'ayant pas l'aspect de la viande de boucherie.

La congélation seule a été admise par le consommateur européen, et il est maintenant avéré que c'est grâce à elle que l'on peut consommer en Angleterre la viande de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud.

Les premiers essais industriels pour l'introduction en Europe de viandes gelées furent entrepris par des Français, qui armèrent spécialement à cette fin le navire *le Frigorifique*, dont un grand nombre de journaux ont parlé. La société du *Frigorifique* fit de mauvaises affaires, et, à l'heure actuelle, son navire sert d'école de natation dans la Seine, à Paris. Cette société commit plusieurs erreurs importantes. Son navire était exclusivement aménagé pour transporter des viandes froides. Comme on n'avait rien préparé à la Plata quand il y arriva, l'on perdit huit mois pour acheter des animaux, les abattre et les charger sur le navire. Pendant tout ce temps il fallait payer, comme bien l'on pense, l'entretien de l'équipage, l'assurance et le loyer du navire. Le fret revenait donc à un prix excessif. En outre, faute grave, on partit d'un principe erroné, en admettant qu'un froid de 0 degré centigrade suffisait pour conserver la viande. On maintenait donc, dans le navire, une température de 0 à — 1 degré, alors qu'il a été reconnu, depuis, qu'il fallait une température de — 30 degrés centigrades pour geler convenablement la viande et la faire voyager ensuite sans crainte d'altération. Du jour où on abat l'animal, à celui où il doit être livré au consommateur, la viande doit rester à une température de plusieurs degrés au-dessous de 0, afin de conserver dans un état excellent les sucs et substances alimentaires qu'elle contient. C'est, de fait, une Sibérie à organiser entre le producteur et le consommateur.

Quelques années après l'essai du *Frigorifique*, on arma pour la Plata le vapeur *le Paraguay*. Il chargea à San-Nicolas des moutons que l'on fit geler à — 30 degrés. Déchargés au Havre dans un état de conservation parfaite, leur viande avait tout aussi bon aspect et était d'aussi excellente qualité que la viande la plus fraîche des boucheries du Havre. Le *Paraguay* mit quatre mois pour faire le voyage de San-Nicolas au Havre. Il eut à subir une collision près de Saint-Vincent, où il faillit sombrer, et qui retarda de trois mois son arrivée en Europe.

Depuis lors les Français ont abandonné définitivement l'entreprise aux Anglais, qui avaient tout intérêt à donner une solution pratique au problème. Profitant amplement de l'expérience acquise, leurs essais furent couronnés de succès. Ils reconnurent la nécessité d'établir de vastes abattoirs, des dépôts frigorifiques et des appareils spéciaux pour geler la viande aux lieux mêmes de chargement, et de construire en Europe des dépôts frigorifiques. Ils reconnurent aussi qu'un navire devait être à même de prendre, en cas de nécessité, d'autres cargaisons que de la viande gelée. Jusqu'à ces dernières années, beaucoup de personnes ont cru que toute société frigorifique devait posséder des navires spécialement construits pour

le transport exclusif des viandes gelées; d'autres pensaient que l'on devait traiter avec des compagnies de navigation pour l'adaptation convenable de navires spéciaux.

De fait, la question des navires a été et est encore des plus onéreuses pour les sociétés. Cependant on a fait des progrès considérables, et, aujourd'hui, il y a déjà des sociétés de navigation prêtes à passer des contrats sur des bases raisonnables. Elles garantissent le transport dans de bonnes conditions, et s'engagent à payer la valeur intégrale de la viande qui est avariée ou perdue. Elles adaptent à leurs navires les modifications nécessaires pour charger des viandes gelées, et entretiennent, pendant toute la durée du voyage, à leurs frais, avec leurs appareils et leur personnel, une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro. Dans ces conditions, ces sociétés chargent en une fois 15 000 moutons dans un port abordable du Parana ou du Rio-de-la-Plata, et les transportent en Europe à raison d'un frêt de treize centimes et demi par livre de viande de 459 grammes.

Les beaux jours des sociétés frigorifiques ont donc commencé.

Lorsque Cambacérès fonda, au commencement du siècle, l'industrie des viandes conservées, à la Plata, et qu'il jeta ainsi les bases de la prospérité publique dans ce pays, il comprit tout d'abord qu'une usine pour saler la viande devait avoir une installation complète, et il dépensa 200 000 francs pour la fonder.

Aujourd'hui, que cette viande ne doit plus seulement servir à l'alimentation des esclaves, mais qu'elle est destinée aux consommateurs civilisés d'un goût plus raffiné et plus délicat, l'on conçoit que le nouveau traitement auquel on la soumet doive être complètement différent du premier. Cette différence se manifeste surtout dans l'importance des capitaux engagés. Pour fonder un établissement frigorifique convenable, capable de geler au moins 450 000 moutons par an, il faut compter sur une somme de 2 500 000 francs. L'abattoir établi sur le lieu même du chargement, l'embarcadère, l'achat du terrain, les parcs, magasins, la fabrique de suif, un dépôt pour conserver 550 tonnes de viande gelée, un appareil pour faire geler 30 tonnes de viande à la fois, les machines et diverses constructions coûteraient 1 000 000 de francs. Un dépôt frigorifique à établir au Havre, à Dunkerque ou à Anvers coûterait 125 000 francs.

Voici quelques chiffres basés sur l'expérience permettant de se rendre compte des conditions d'exploitation :

Valeur d'un mouton gras de la province de Buenos-Ayres. . . . . fr.	10	»
Abattage, préparation, etc.	2	»
Total.	12	»
Produits vendus : suif.	2	»
— peau.	4	»
Reste pour le corps de l'animal privé de sa peau, de son suif et des parties inutiles.	6	»

La dépense de 2 francs par mouton se subdivise de la manière suivante :

Empaquetage..	»	15c
Location de champs et de parcs	»	10
Commission aux acheteurs.	»	30
Frais d'employés supérieurs.	»	10
Frais d'écorcheurs.	»	15
Autres frais de main-d'œuvre..	»	20
Charbon	»	15
Bois pour tonnellerie, ammoniaque, graissage et éclairage.	»	15
Entretien des abattoirs et des machines.	»	15
Nourriture des ouvriers	»	10
Imprévus et divers.	»	45
Ensemble	2	»
Estimant à 40 livres de 459 grammes le poids moyen d'un mouton de la Plata, la livre de viande revient donc à	»	15
Frais de transport jusqu'en Europe d'une livre de viande gelée	»	14
Entretien du dépôt frigorifique européen, commissions en Europe et en Amérique, divers.	»	07
Total.	»	36
La livre de viande de mouton gelée se vendant à Londres.	»	43
Il reste une marge de.	»	07

présentant, tous frais déduits, un gain de 2 fr. 80 par mouton, soit pour 480 000 moutons, 1 260 000 francs, c'est-à-dire 50 pour 100 des capitaux engagés. On compte les grandes industries susceptibles de donner d'aussi brillants résultats. Aussi ne faut-il pas s'étonner de la prospérité inouïe des sociétés frigorifiques créées tant dans la république Argentine qu'en Australie et dans d'autres pays.

Ces sociétés n'exploitent régulièrement, jusqu'à présent, que le marché de Londres, présentant un débouché immense ; mais il est bien certain que, dans un avenir prochain, les places du continent seront, à leur tour, envahies par les viandes du Nouveau-Monde. En présence de cette éventualité, la ligne de conduite la plus prudente est clairement indiquée. La France est un pays presque vierge pour les abatteurs d'Amérique. Le jour où ils s'implanteront sur ses marchés, non seulement ils draineront l'or français vers leur propre pays, mais encore ils encaisseront des bénéfices considérables à titre d'intermédiaires. Dans la Nouvelle-Zélande, le produit des établissements frigorifiques est d'autant plus grand que ce sont les éleveurs de bétail qui, dans ce pays, se constituent en société pour exporter leurs propres produits. Il ne sera pas possible d'empêcher l'importation des viandes gelées sur le continent européen, mais il est facile de se substituer dès maintenant à ceux qui comptent venir y écouler leurs marchan-

dises. Une société remplissant simplement le rôle d'intermédiaire entre le producteur et le consommateur pourra même réaliser des bénéfices plus considérables que les éleveurs.

Les ressources en bétail que l'on trouve dans la république Argentine sont, du reste, des plus considérables. Sur les quatorze provinces, celle de Buénos-Ayres compte, à elle seule, environ 95 millions de moutons d'une race qui sera très appréciée en France. L'augmentation annuelle des troupeaux est supérieure à 25 millions de moutons. Actuellement, le port de Buénos-Ayres expédie en Europe 10 millions de peaux par an; la quantité de viande gaspillée est énorme.

Il ne faudrait cependant pas installer une société frigorifique nouvelle à Buénos-Ayres même; il en existe, en effet, déjà une à Campana, village à quelques lieues de cette ville. La concurrence pourrait, à la rigueur, parfaitement s'établir, mais elle est inutile à créer; cette entreprise jouit d'ailleurs d'une prospérité étonnante, et elle est propriétaire de tous les navires qui servent à transporter ses produits. Une nouvelle société devrait s'installer de préférence le long du Parana, en aval de Rosario, de Santa-Fé ou à Bahia-Blanca. Elle pourrait porter un coup terrible aux entreprises analogues, australiennes ou néo-zélandaises, à cause des prix sensiblement plus bas auxquels elle pourrait se procurer les moutons. En outre, la différence du prix est de 6 centimes par livre, au désavantage de l'Australie, et en ce moment même, le congrès Argentin est en train de voter des primes à l'exportation des viandes ; ce sera encore un encouragement et une source de bénéfices pour les intéressés.

M. de Leyn recommande pour la constitution de l'affaire, la forme d'une société anonyme ; la commandite, qui paraît préférable au premier abord, ne vaut rien pour des contrées lointaines à cause de la difficulté de trouver une personne sur laquelle on puisse absolument compter et qui assume sur sa tête seule toute responsabilité.

L'exploitation ne se bornerait pas aux animaux de la race ovine ; les bœufs pourront également être importés en Europe. Seulement, comme leur conservation par le froid est plus difficile parce qu'ils sont plus gros, et comme, d'autre part, on ne pourra probablement se servir que des métis Durham, les espèces indigènes étant de qualité inférieure, il sera prudent de ne compter, aux débuts, que sur l'abattage des moutons. Il convient d'ajouter, toutefois, que la viande de bœuf permettant de fabriquer en grand la peptone, est susceptible de donner, de ce fait, d'importants bénéfices. Cette fabrication est déjà pratiquée depuis quelque temps avec de beaux résultats.

M. de Leyn s'étend ensuite avec détails sur un point très important : l'achat des animaux sur place. Les personnes que ces questions intéressent pourront lire en détail dans le mémoire, conservé dans nos archives, l'exposé des meilleurs moyens à employer pour faire l'achat du bétail dans de bonnes conditions et surtout pour éviter les fraudes qui sont la plaie de ce genre d'industrie quand on n'y prend pas garde.

Il donne ensuite la division et le devis d'un abattoir qu'il comprend de la manière suivante :

Un directeur	15000
Un comptable	9000
Deux sous-directeurs	12000
Un inspecteur des achats	9000
Total	45000

Il y a en outre un certain nombre de contremaîtres pouvant au besoin remplacer un sous-directeur, mais qui ne sont que des ouvriers jouissant d'un salaire plus élevé.

Suit alors la spécification très détaillée du travail à effectuer par chacun des fonctionnaires supérieurs susmentionnés. C'est une organisation complète, étudiée avec le plus grand soin et avec la plus haute compétence. L'entreprise est absolument posée sur ses bases et ceux qui concevraient l'idée d'en installer une similaire n'auront absolument qu'à exécuter intégralement ce qui est indiqué dans ce chapitre.

Le personnel ouvrier fait également l'objet d'une étude spéciale de détail.

Voici comment se subdivise ce personnel pour un établissement abattant 450000 moutons par an.

Mécaniciens et chauffeurs	6
Écorcheurs (chacun préparant 4 à 6 moutons par jour)	40
Cuisiniers	3
Gardiens de nuit	2
Ouvriers chargés de nettoyer les parcs, de garder le bétail, de faire les commissions, d'abattre les animaux; ouvriers attachés aux dépôts frigorifiques, à la tonnellerie, à la fabrication du suif, au maniement des peaux, au transfert des produits, etc.	49
Total	100

Enfin, il faut en Europe un agent général, actif, intelligent et honnête; autant que possible, on choisira un riche commerçant, s'engageant fortement dans l'affaire et auquel on consignera annuellement quelques centaines de milliers de moutons gelés.

La construction et le choix de l'emplacement de l'abattoir sont également l'objet d'une étude détaillée et des plus consciencieuses. M. de Leyn s'étend longuement sur ce chapitre important et donne un plan de la distribution qui lui paraît la meilleure, en supposant que l'on se pose sur la rive droite du Parana comme il a été dit plus haut. Tout cela est accompagné d'un devis général de premier établissement excessivement détaillé et dont le coût total s'élèverait à un million.

L'auteur du mémoire pense d'ailleurs que la ville de Paris constituerait un excellent débouché pour la société frigorifique. On pourrait fournir aux

Parisiens un produit aussi frais et aussi appétissant que celui qu'on rencontre chez les bouchers qui vont chercher leur viande à la Villette.

Pour produire le froid on peut se servir de divers procédés employant l'acide sulfureux, l'ammoniaque, l'éther méthylique, etc. L'examen comparatif de ces divers systèmes est des plus intéressants, et pourrait donner lieu à une étude détaillée qui fait défaut jusqu'ici. Les machines à produire le froid fonctionnent généralement par la compression et l'évacuation successives et répétées d'une seule et même quantité de gaz, au moyen d'une pompe de compression actionnée par une force quelconque. Parmi les machines les plus employées par les sociétés frigorifiques, on peut citer entre autres les appareils Linde et les appareils Pictet. Il ne faut pas perdre de vue, toutefois, que le froid doit atteindre 30 degrés centigrades.

Les calculs donnés plus haut supposent une installation d'une certaine importance. Si l'on envisage une entreprise plus restreinte, n'abattant que 180 000 moutons par an, les frais de premier établissement seront naturellement bien moindres, 950 000 francs environ. Avec un fonds de roulement de 850 000 francs, on arrive à un capital total de 1 500 000 francs seulement. Il a été dit que le fret actuel est d'environ 300 francs par tonne de viande gelée, de Buenos-Ayres à Londres ; ce chiffre est parfaitement susceptible d'abaissement, bien des transports maritimes ayant diminué de 50 pour 100 depuis un an ou deux. C'est un point à noter.

La fourniture de viandes gelées a aussi son importance au point de vue militaire. En Allemagne, l'administration de la guerre s'est déjà mise en relation avec les représentants des sociétés de viandes ; le problème de fournir au soldat une nourriture substantielle renfermée dans un faible volume semble y prendre une solution convenable. Il paraît que 150 grammes d'une composition renfermant principalement de l'extrait de viande suffisent pour l'entretien journalier d'un homme, des expériences suivies auraient constaté le fait.

En cas de guerre, une société frigorifique française pourrait expédier en vingt-quatre heures à une armée en campagne 300 000 kilogrammes de viande fraîche et prête à mettre au feu.

En terminant, il convient de dire un mot du côté philanthropique du sujet, exposé dans cette enceinte pour encourager et favoriser les entreprises humanitaires. N'est-ce pas faire œuvre philanthropique que d'aider l'ouvrier laborieux à se nourrir convenablement, lui et sa famille ? Tout ménage qui achètera de temps à autre quelques kilos de viande gelée, aura économisé au bout de l'année une centaine de francs. Cent francs, c'est beaucoup pour une famille d'ouvriers !

Certes, les classes aisées conserveront longtemps encore des préjugés contre les viandes du nouveau monde ; mais on devrait réfléchir qu'en achetant à une société frigorifique des moutons gras de deux à trois ans, on a plus de chances d'être mieux servi qu'en s'adressant à bon nombre de bouchers qui tuent de vieilles brebis mal engraissées.

Le but de ce rapport a été de jeter quelque lumière sur une industrie

peu connue en France, et qui pourrait sérieusement venir en aide à la classe ouvrière. La crise générale que le pays traverse en ce moment est complexe. Elle ne sera résolue ni en un jour, ni par un moyen unique et radical. Il n'y a pas de panacée connue qui puisse lui être appliquée. Ce n'est que par une étude rationnelle et persévérante portant successivement sur les différentes branches du travail humain qu'il sera possible d'arriver à des résultats satisfaisants.

M. Roy accepte toutes les appréciations données par l'auteur du mémoire au point de vue de la conservation des viandes pendant le voyage. Il a habité lui-même Lima pendant dix ans et y a dirigé une fabrique produisant huit à dix tonnes de glace par jour. Souvent on s'est adressé à lui pour conserver des viandes dans ses glacières, et on a constaté qu'elles s'y conservaient, en effet, très bien. Il n'y a donc pas de difficulté pour les amener soit à Paris, soit à Londres ; seulement il faut consommer ces viandes aussitôt qu'elles sont mises à l'air libre : le lendemain, elles sont gâtées. M. Roy ne critique donc nullement ce qui concerne leur conservation, mais il tient à faire observer que l'échec qui menacerait l'entreprise, c'est que toutes les viandes mises à l'air, qui ne seraient pas consommées du jour au lendemain, seraient perdues.

M. Bourdais a été appelé l'année dernière à s'occuper un peu de cette question. On lui demandait si l'on pouvait attacher une grande importance à un procédé inventé par M. Potel, consistant à tremper des morceaux de viande coupée dans une composition ayant pour base la gélatine. On trouvait ainsi, dans l'abatage des bestiaux, la matière première servant à envelopper la viande. M. Bourdais a mangé du gigot de mouton au bout de quatre mois de cette conservation. La robe gélatineuse qui le recouvrait s'enlevait en un seul morceau, et le gigot était parfait ; quand on le coupait le sang coulait, et la viande apparaissait comme si elle eût été fraîche. M. Potel fut autorisé à aller dans l'Uruguay et dans la République Argentine où il y a des troupeaux nombreux, comptant jusqu'à 30 000 têtes de bétail. Il en est revenu récemment après avoir renoncé à son entreprise, non pas que le procédé ait été trouvé défectueux, mais par le fait que les bêtes élevées dans les grands pâturages de ces contrées, ont une chair contenant une proportion d'eau notablement supérieure à celle des bestiaux européens ; de telle sorte que les viandes rapportées de Montevideo étaient très bien conservées, mais de mauvaise qualité à cause de cet excès d'eau. C'est pourquoi M. Potel, après un essai d'un an dans le pays, est revenu avec la conviction qu'il n'y a d'exploitation industrielle, réellement possible, à cet égard, que dans les contrées privées de bonne viande.

Il faut observer ici qu'au lieu de congeler les viandes dont il s'agit pour les conserver, on peut aussi les sécher afin de leur enlever leur excès d'eau; la viande sèche est consommée sur le littoral du Brésil.

En résumé M. Potel, que la Société pourrait entendre, est convaincu que les viandes provenant des deux républiques du sud de l'Amérique, ne sont pas comestibles en Europe, même pour les classes nécessiteuses.

M. le Président remercie M. Auguste Moreau d'avoir bien voulu suppléer M. de Leyn ; il remercie également MM. Roy et Bourdais des observations qu'ils ont présentées.

La question est compliquée; il ne faudrait pas se lancer dans une pareille entreprise sans avoir des données certaines permettant de prévoir son résultat.

M. Lavezzari demande ce que feront les agriculteurs dans le cas où le succès couronnerait ces efforts et où le nouveau droit de douane de 0 fr. 07 serait insuffisant pour empêcher l'introduction en France de ces viandes conservées? Quand les blés étrangers sont venus en France, on leur a dit : faites de la viande. Aujourd'hui ils font de la viande, et on leur apporte des moutons (*Rires*). Qu'en arrivera-t-il? Que fera-t-on du terrain? M. Lavezzari ajoute qu'il a été très consolé par les observations présentées en dernier lieu.

M. le Président estime que la viande provenant de l'Amérique du Sud étant de qualité inférieure, d'après les remarques de MM. Roy et Bourdais, il n'y a pas, jusqu'à présent, de danger pour le marché français. On avisera plus tard, si les circonstances venaient à changer.

M. Fleury a la parole pour entretenir la Société de son voyage à Bruxelles et du premier congrès international de navigation intérieure où il a bien voulu être notre délégué.

M. Fleury tient tout d'abord à remercier la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en le désignant pour la représenter à ce congrès. Les délégués étrangers y ont été très bien reçus avec cette large hospitalité que la Société connaît déjà et appréciera une fois de plus dans peu de temps.

Le *Congrès de navigation intérieure* était dû à l'initiative d'une société belge qui se préoccupe de rendre aux anciens canaux du Brabant l'activité qu'ils avaient autrefois. Ces canaux ont été autrefois des cananx maritimes qui faisaient de Bruges, de Gand, de Bruxelles, de Louvain et de Malines de véritables ports de mer. Ils sont aujourd'hui devenus insuffisants par suite des progrès de l'architecture et de la mécanique navale, et c'est à augmenter leurs dimensions et celles de leurs écluses que tendent les efforts du groupe auquel est due la réunion du congrès de navigation intérieure.

Cette préoccupation n'est pas la seule qui règne en Belgique. Il faudrait rapprocher les centres charbonniers des ports d'exportation. Il y a beaucoup à faire du côté de Charleroi; on y établit un canal avec ascenseur, qui donnera une grande activité aux charbonnages belges. Un des anneaux de cet ascenseur figure à l'exposition d'Anvers; il a été fabriqué par la société de Seraing et éprouvé à 130 atmosphères; son diamètre est de 1m80. Cette pièce est fabriquée avec soin en acier fretté, elle tient le second rang à l'exposition. La place d'honneur est occupée par le canon de Bange, au point même qu'il est probable qu'il n'y aura pas de canons Krupp exposés.

Le congrès a réuni beaucoup d'hommes distingués dans la spécialité des questions traitées : des ingénieurs hollandais, français, anglais, allemands et notamment un assez grand nombre d'ingénieurs du corps des ponts et

chaussées de France. Les relations avec ces hommes venus de tous les pays étaient très agréables et instructives.

Dans les réunions, on a traité de nombreuses questions qui n'ont même pas pu être élaborées complètement. Les comptes rendus devant paraître prochainement, M. Fleury aura peut-être l'occasion de parler à la Société des études intéressantes auxquelles le congrès s'est livré, surtout en ce qui concerne les moyens de transport par les canaux, comme par exemple le touage par chaîne courante. Le système paraît ingénieux, reste à savoir si la pratique le consacrera ; on va le mettre à l'essai sur un bief de 7 kilomètres de longueur. Les bateaux pourront prendre la chaîne ou la lâcher à volonté, et il y aura mouvement dans le sens de la montée et dans celui de la descente.

M. Jacquier, ingénieur en chef des ponts et chaussées de la région de Saint-Étienne, a donné un mémoire intéressant sur le grand plan incliné du canal qui doit relier cette région au Rhône ; il ferait franchir aux bateaux, d'un seul jet, une altitude de 121 mètres pour passer du bassin de Roanne sur le plateau du Forez. La réalisation de ce projet aurait assurément une grande importance pour les établissements de Saint-Étienne, malheureux faute d'un débouché par canal leur permettant de se soustraire aux tarifs élevés des chemins de fer.

Des ingénieurs de Manchester sont venus exposer, avec beaucoup d'humour britannique, les difficultés qui existent entre Manchester et Liverpool au sujet du grand canal.

Les Hollandais se sont surtout distingués en traitant une question très importante aujourd'hui où l'on veut naviguer rapidement sur les canaux : celle relative aux défenses des berges. Le problème paraît simple, mais il mérite une sérieuse attention, parce que ce n'est que par ces défenses qu'on conserve une grande œuvre une fois créée. Les Hollandais emploient toujours très judicieusement les fascinages ; il faut bien reconnaître, toutefois, qu'il n'est pas toujours facile de les suivre dans cette voie.

La société organisatrice du congrès avait préparé une excursion sur les canaux du Brabant. Sur ces canaux très profonds, les lames causées par le passage des bateaux à vapeur ne produisent pas de dégâts sensibles sur les berges, là où il y a des plantations; les plantations sont donc un moyen de défense très efficace ; malheureusement il n'est pas toujours réalisable, parce qu'il y a des canaux sur les bords desquels on ne peut pas planter.

Ce congrès est un début heureux, et il faut reconnaître hautement l'empressement et l'amabilité témoignés non seulement par les ingénieurs qui ont organisé la réunion, mais encore par les habitants et ingénieurs de Bruxelles, de Louvain, de Gand et de Bruges, ville qui a été la métropole du commerce et qui veut le redevenir en s'ouvrant un chemin vers la mer.

Les ingénieurs autrichiens ont provoqué par télégramme une décison de la municipalité de Vienne invitant les membres du congrès à se réunir l'année prochaine dans la capitale de l'Autriche. La Société des Ingénieurs civils aura peut-être intérêt à s'y faire représenter par des membres

plus nombreux que ceux qui étaient à Bruxelles (*Applaudissements.*)

M. le Président remercie M. Fleury de son compte rendu, qu'il pourra compléter lorsqu'il aura reçu communication des travaux du congrès, et il croit pouvoir l'assurer dès maintenant que la Société le verrait avec grand plaisir aller à Vienne l'année prochaine.

M. le Président ne veut pas lever la séance sans dire officieusement à l'assemblée que deux de nos collègues, MM. A. Lévesque et G. Pesce, viennent de remporter le premier prix dans le concours ouvert pour la construction des halles de la ville de Limoges. C'est une bonne nouvelle, ce sont de jeunes confrères, et nous sommes heureux de les voir réussir. (*Applaudissements.*)

MM. Cirier, Compère, Gerstner, Montvoisin et Rolland, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.

Séance du 19 Juin 1885.

Présidence de M. de Comberousse.

La séance est ouverte à neuf heures moins dix minutes.

M. le Président s'excuse du retard apporté à l'ouverture de la séance : « M. Tresca, qui assistait à la séance du comité, vient de se trouver souffrant en quittant la réunion, et cela nous a inquiétés et retenus. Nous espérons que cette indisposition n'aura pas de suites graves. »

Le procès-verbal de la séance du 5 juin est adopté.

M. le Président signale parmi les ouvrages reçus :

Un exemplaire de la conférence que M. Périssé, membre de la Société, a faite *sur le bronze*, au Conservatoire des arts et métiers, le 22 mars dernier ;

Un exemplaire de la communication faite par M. Cotard, membre de la Société, au Congrès agricole de Toulouse, en mai 1885, *sur l'aménagement des eaux*.

On trouvera plus loin le détail des dons faits à la Société.

La parole est à M. le Trésorier, pour l'exposé de la situation financière.

M. le Trésorier indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 19 décembre 1884, de.	2068
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, pendant le 1er semestre 1885, de.	57
Ce qui nous donne un total de.	2125
dont il y a à déduire, par suite de décès pendant ce semestre,	19
Nombre total des Sociétaires au 19 juin 1885.	2106

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1885 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, vente de mémoires, annonces)	46385 90	49001 90
2° Pour le fonds social inaliénable (4 exonérations).	2400 »	
3° Dons volontaires.	216 »	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .		44131 »
Total de ce qui était dû à la Société.		93132 90

Au 19 décembre 1884, le solde en caisse était de.	10371 55	59373 45
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1885, se sont élevées à.	49001 90	
Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :		
1° Pour dépenses courantes diverses (contributions, assurances, intérêts de l'emprunt, appointements, impressions, affranchissements, frais généraux, etc.).	37182 20	38682 20
2° Remboursement de 3 obligations (capital inaliénable).	1500 »	
Il reste en caisse à ce jour.		20691 25

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante à la date du 20 juin 1885.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	14810 98
2° De 234 obligations du Midi, ayant coûté.	82362 34
Total du fonds courant.	97173 32

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces		5880 27	282479 37
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.		6000 »	
3° 15 obligations au porteur, provenant du legs Le Roy.		5392 20	
4° Un hôtel dont la construction a coûté.	278706 90	265206 90	
sur lequel il reste dû.	13500 »		
Total de l'avoir de la Société.			379652 69

Les comptes ci-dessus sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes de M. le Trésorier, et, en même temps, les remerciements que nous avons l'habitude d'adresser très justement à notre cher collègue, pour sa gestion si dévouée si consciencieuse et si fidèle. (*Applaudissements unanimes.*)

Les comptes du premier semestre 1885 sont approuvés.

M. le Président prend ensuite la parole en ces termes :

J'ai, maintenant, mes chers confrères, un devoir à remplir envers vous : c'est de vous faire un rapport succinct sur la situation actuelle, financière et morale, de la Société.

L'article 17 du règlement, qui m'oblige à prendre la parole, est ainsi conçu : « Le Président..... présente à la Société, dans ses réunions semestrielles, un rapport général sur la situation de ses finances et de ses travaux. »

M. Loustau vient de remplir sa tâche accoutumée, en vous faisant connaître les opérations financières du premier semestre de cette année. A ce point de vue, je ne pourrais que répéter ce qu'il vient de dire. Mais vous me permettrez d'ajouter à son travail, si exact et si consciencieux, quelques remarques, en jetant un coup d'œil sur notre passé et sur notre avenir.

Le fait capital que nous avons à enregistrer aujourd'hui, c'est la libération complète de l'hôtel que nous occupons.

Nous voilà chez nous, absolument chez nous, sans plus rien devoir à personne.

Vous comprenez bien ce que je veux dire : nous ne devons plus d'argent, c'est vrai, mais nous devons toujours de la reconnaissance à ceux de nos collègues qui ont aidé la Société avec tant de désintéressement, dans une passe qui pouvait sembler difficile. Et cette reconnaissance est un fardeau qui ne nous pèse pas, que nous aimons à proclamer, et dont nous prierons le comité de conserver la trace en inscrivant dans le prochain annuaire les noms de nos souscripteurs dévoués. Je crois qu'il faut publier cette liste, qui est à l'honneur de la Société comme elle est à l'honneur des souscripteurs.

Ici, un petit historique ne sera peut être pas inutile pour beaucoup d'entre nous. Quand on élève un monument, on place dans les fondations une boîte en fer renfermant les parchemins de son baptême, les médailles de ses fondateurs. Les pages de nos annales où sont relatées les origines de la Société des ingénieurs civils, ne périront pas davantage, et nos descendants, dans deux ou trois siècles, — vous voyez que j'élargis l'horizon, — auront un certain plaisir à les relire.

Où est née la Société, où s'est tenue sa première réunion ?

En plein soleil, au milieu de la foule immense. C'est le 4 mars 1848, sur la place de l'Hôtel-de-Ville, — j'y étais, mais j'étais très jeune, et je ne me trouvais pas avec les fondateurs de la Société, — que MM. Alcan, Callon, Faure, Léonce Thomas et Laurens se sont donné la main et ont dit : *cela sera.*

Les statuts élaborés chez l'un des cinq fondateurs, on alla prier M. Eugène Flachat d'accepter la présidence de ce naissant organisme du Génie civil, et, le 25 mars, la première réunion eut lieu.

La Société, dans les premiers temps, était une Société nomade, sans installation régulière, sans séances à dates fixes. Elle passait de la société d'Encouragement, qui n'avait pas encore son hôtel de la rue de Rennes et qui était rue du Bac, au manège de la rue Duphot, de la salle Silvestre, rue des Bons-Enfants, à l'imprimerie Chaix, rue Bergère.

Le comité se réunissait rue de la Ferme-des-Mathurins, chez M. Flachat.

Il y avait 56 membres à la fin de 1848, et 154 à la fin de 1849. — C'était bien le gland qui commence à germer.

En 1850, la Société plante son drapeau au numéro 26 de la rue Buffault, et y reste 22 ans.

En 1860, grâce à l'actif dévouement de M. Vuigner, la Société est reconnue d'utilité publique. Elle a constitué un fonds inaliénable de 50 000 francs, représenté par 190 obligations du chemin de fer du Midi, et elle a 519 membres.

L'exposition de 1867 éveille sans doute les ambitions de la Société. Elle veut être chez elle et avoir son hôtel, comme les ingénieurs anglais.

En 1868, M. Love s'occupe de l'acquisition d'un terrain pour pouvoir réaliser ce vœu. Les négociations qu'il a ouvertes sont menées à bonne fin par son successeur, M. Alcan, et, en 1869, le 11 février, les 199 mètres sur lesquels nous sommes établis sont achetés au prix de 350 francs le mètre.

C'est notre regretté collègue Demimuid qui est désigné au concours, comme l'architecte de l'hôtel.

Les travaux sont commencés en mai 1870, sous la présidence de M. Vuillemin, et poursuivis avec une telle activité, un tel dévouement, qu'on peut heureusement les couvrir au mois de septembre de cette année néfaste. Pendant nos désastres, les baies de l'hôtel sont fermées avec des planches clouées, et il attend, comme nous, de meilleurs jours.

Enfin, le 7 juin 1872, sous la présidence de M. Émile Muller, la Société prend possession de sa nouvelle demeure.

Elle pend la crémaillère, comme il convient à une Société savante, en tenant à cette date, l'une de ses plus intéressantes séances.

M. Eugène Flachat prononce un discours important, où il indique, avec sa haute autorité, toutes les étapes parcourues par notre noble profession depuis son berceau jusqu'à son plein épanouissement. A son tour, M. Émile Muller fait l'historique de notre Société et accorde un juste tribut d'éloges à l'architecte, aux artistes et aux constructeurs qui viennent de s'unir pour lui offrir une demeure digne d'elle.

Mais, l'entrée en possession était en même temps le quart d'heure de Rabelais.

L'achat du terrain, avec tous les frais accessoires, représentait 86 223 francs.

Les travaux proprement dits s'élevaient au chiffre de 143 633 francs.

Enfin l'installation et le mobilier coûtaient 40 000 francs.

On était donc en présence d'un total de 269 856 francs pour la création de l'hôtel, tandis que le fonds social disponible ne dépassait pas 173 636 francs, d'où un déficit de 96 220 francs.

Où s'adresser pour le combler, sinon au dévouement, à la générosité, à la foi des membres de la Société, dont le nombre ne dépassait pas encore le premier mille — exactement, 997.

On décida donc un emprunt de 90 000 francs, et voilà l'épreuve même des obligations alors émises pour couvrir cet emprunt.

On y lit le texte de la décision, votée en ces termes par l'Assemblée générale du 21 juin 1872 :

La Société des Ingénieurs civils émet un emprunt de 90 000 francs, représenté par 180 obligations nominatives et transmissibles, portant intérêt à 5 pour 100 l'an, payable le 31 décembre de chaque année. — Les titres seront signés par le président et le trésorier. — Les coupons d'intérêts seront payables annuellement au siège de la Société, 10, cité Rougemont.

Les remboursements se feront à partir de 1877, en quinze ans, par voie de tirage au sort et au pair. Les sommes à rembourser chaque année seront fixées par le comité.

« La cession d'une obligation s'opère par un transfert inscrit sur un registre spécial signé du cédant et du cessionnaire. »

Eh bien, mes chers confrères, je crois ne pas m'éloigner de la vérité, en disant que beaucoup de nos souscripteurs, sinon tous, croyaient faire un don à la Société, et non pas un excellent placement à 5 pour 100.

Qu'est-il arrivé, cependant ? A partir de 1877, les intérêts ont été régulièrement soldés, les tirages se sont continués, et les obligations ont été remboursées année par année. Et, aujourd'hui, en 1885, nous avons le plaisir, comme le disait M. Loustau tout à l'heure, de ne pas faire de tirage au sort, parce que nous remboursons tout ce qui reste, parce que nous liquidons l'opération.

Et nous arrivons à cet heureux résultat à peu près à la moitié du temps fixé.

Nous avions quinze ans devant nous à partir de 1877, cela nous menait jusqu'en 1892, et nous sommes seulement en 1885.

Il n'y a pas à insister, les chiffres ont une éloquence que rien ne peut remplacer.

Permettez-moi seulement d'ajouter que la Société a donné là une preuve de puissance à laquelle ses meilleurs amis ne s'attendaient pas. Elle n'a plus qu'à vouloir pour atteindre bientôt l'épanouissement, l'extension à laquelle elle a droit et dont elle a besoin.

Je me range parmi les prudents ; je désire qu'on accroisse les ressources avant de rien entreprendre de nouveau. Mais, si pourtant l'on rencontrait

une de ces occasions qu'on regrette trop ensuite d'avoir laissé échapper, l'expérience que nous venons de faire me rendrait audacieux, et je n'hésiterais pas à la recommencer pour donner à la Société une demeure plus vaste, mieux éclairée, répondant à tous ses besoins, vraiment digne d'elle, en un mot, et de ses destinées. Quand nous atteindrons le chiffre de 3000 membres, il n'y aura pas, d'ailleurs, à hésiter.

Ainsi, pas à pas, nous grandissons et nous faisons de plus en plus honneur aux efforts de nos dignes et éminents fondateurs.

Nos budgets aussi ont grandi, mais c'est pour que nous puissions tenir notre place et mieux remplir nos devoirs.

En 1875, les Bulletins sont trimestriels, et nos impressions de toutes sortes (les reliures comprises) atteignent 17 672 francs. Je n'entre pas dans le détail, qui nous conduirait trop loin; je dis ce qu'on a payé en bloc.

En 1876, les Bulletins deviennent bimensuels, et, de ce fait, la dépense, au chapitre des impressions, s'élève, pour 1877, à 25 452 francs.

Les Bulletins deviennent mensuels, en 1880, sous la présidence de M. Gottschalk, et nous payons, en 1881, une somme correspondante de 33 590 francs.

Les dépenses de personnel qui, en 1875, ne comptaient que pour 6640 francs, montent en 1881, avec la nouvelle organisation reconnue nécessaire, à 14 560 francs.

Ce sont là, avec raison, nos deux chapitres les plus chargés.

Maintenant que nous sommes entièrement propriétaires de l'hôtel, que nous n'avons plus d'obligations à éteindre, nous pouvons dire, en chiffre rond, et sauf les dépenses exceptionnelles qu'il faut toujours prévoir, que notre budget des dépenses va osciller, pendant plusieurs années, autour de soixante mille francs environ. Nous pensons que c'est l'opinion de notre cher Trésorier.

M. Loustau. Oui, monsieur le Président.

M. le Président. Avec 2000 membres, non exonérés, le budget des recettes serait de 72 000 francs; avec 2 500 membres, de 90 000 francs; avec 3 000 membres, de 108 000 francs.

Vous pouvez juger maintenant pourquoi j'ai indiqué tout à l'heure le chiffre de 3 000 membres comme celui qu'il faudrait atteindre au plus tôt, et qui nous donnerait toute la confiance et toute l'élasticité nécessaires pour tenter une nouvelle migration, cette fois définitive, au moins pour de longues années.

Je vous demande pardon pour tous ces détails un peu arides; mais, j'ai cru qu'en vous les donnant, je vous intéresserais encore davantage à nos destinées; j'ai cru que je vous encouragerais d'une manière plus pressante dans l'œuvre du recrutement, pour lequel il faut être à la fois sévère et passionné : sévère, pour que notre Société ne perde rien de ce qu'elle a acquis en valeur et en considération; passionné, pour lui faire acquérir le plus

tôt possible de plus puissants moyens d'action et de rayonnement. (*Bràvo! Bravo! Applaudissements.*)

Mes chers confrères, la situation financière de notre Société est bien importante; mais sa situation morale l'est encore bien davantage.

Cette situation morale, et j'entends par là, en outre de l'esprit de concorde et des aspirations communes qui doivent nous réunir, la place que nous occupons comme société savante, comme société de progrès dans toutes les directions qui appartiennent au Génie civil, et que nos fondateurs ont bien pris garde de ne pas mutiler et de ne pas diminuer; cette situation morale peut se mesurer aux communications qui remplissent nos séances, aux travaux qui viennent enrichir nos mémoires.

Les médailles et prix que nous pouvons décerner doivent donc avoir une place marquée dans le premier rapport de votre Président.

Nous pouvons vous dire avec joie que le concours de cette année a été des plus satisfaisants.

La médaille d'or de la Société a trouvé dans toutes les sections, mais surtout dans les trois premières, un grand nombre de concurrents.

Je crois pouvoir, sans indiscrétion, indiquer que, dans la section de métallurgie, le mémoire de M. Bresson sur l'état actuel de la métallurgie du fer et de l'acier en Autriche-Hongrie; — celui de M. Couriot sur l'industrie des mines devant le Parlement; — et enfin, la note de M. Jules Garnier, sur un nouveau traitement des minerais sulfurés de nickel et de cobalt, — ont attiré très vivement l'attention du jury.

La première section, tout en reconnaissant les mérites particuliers du mémoire de M. le baron de Vautheleret sur la traversée des Alpes par le Grand-Saint-Bernard, et du travail de M. Jean Mayer sur la stadia topographique, dont l'emploi mériterait d'être généralisé, a arrêté son choix, pour le premier rang, sur le mémoire de MM. Joubert et Fleury, relatif aux travaux du port de la Réunion.

La deuxième section, de son côté, a proposé à l'unanimité le mémoire de M. Bertrand de Fontviolant, sur le calcul des poutres continues : méthode générale analytique et méthode graphique.

Le jury, formé du Président et des quatre Vice-Présidents, a apprécié, comme ils le méritent, les deux mémoires que je viens de citer et qui, après discussion, ont été jugés les plus dignes d'être retenus pour concourir à la médaille d'or de la Société; mais il s'est trouvé, il faut l'avouer, très embarrassé.

La communication de MM. Joubert et Fleury avait pour elle d'être présentée par des ingénieurs éprouvés, ayant dirigé eux-mêmes, sous un climat et dans des conditions difficiles, des travaux très intéressants et offrant des parties originales. Elle répondait très convenablement à la face technique des études de la Société.

La communication de M. Bertrand de Fontviolant était l'œuvre d'un jeune ingénieur ayant quitté les bancs de l'école depuis peu de temps et s'étant attaqué avec courage et persévérance à une question délicate qui tient tou-

jours en éveil les constructeurs. Elle venait compléter heureusement dans nos annales les belles méthodes de M. Fouret et de M. Clerc, qui a eu l'honneur d'être un des lauréats de la Société.

Elle représentait à son tour, d'une manière très satisfaisante aussi, la face théorique de nos études.

Et c'était là précisément ce qui rendait le jury très perplexe dans sa décision, puisque la comparaison entre deux mémoires d'un ordre tout différent était pour ainsi dire impossible.

Il a donc fallu faire appel, dans ce cas tout exceptionnel, au Comité lui-même et lui demander, en présentant *ex æquo* les deux mémoires de MM. Joubert et Fleury et de M. Bertrand de Fontviolant, de vouloir bien doubler cette année la médaille de la Société.

Le vote du comité a été unanime, et nous sommes heureux d'avoir ainsi à proclamer lauréats de la médaille de la Société pour 1885 :

MM. Joubert et Fleury et M. Bertrand de Fontviolant.

Je prie ces messieurs de vouloir bien venir recevoir la médaille qu'ils ont si bien méritée, et je leur adresse, au nom de la Société, mes plus vives félicitations. (*Applaudissements.*)

M. Fleury, je suis heureux de vous remettre cette médaille pour vous et pour M. Joubert. (*Applaudissements.*)

M. Fleury. M. Joubert est en ce moment à la Réunion. Je vous remercie en son nom et au mien de la distinction que la Société veut bien nous accorder.

M. le Président. Nous désirons que ce témoignage apporte à M. Joubert un encouragement et une satisfaction au milieu de ses travaux, à la Réunion.

Nous désirons qu'il en soit de même pour M. Bertrand de Fontviolant. (*Applaudissements.*)

J'espère que nous pourrons enfin toucher cette année le legs de 50 000 francs qu'a bien voulu faire à notre Société notre regretté confrère Pierre Giffard. Et alors, avec les nouvelles médailles qui seront fondées, nous ne serons plus dans l'embarras que je viens de vous exposer.

Si les travaux importants se pressaient d'ailleurs assez dans nos séances et dans nos Bulletins pour renouveler cet embarras, que je qualifierai d'heureux, comme celui des richesses, eh bien, nous aurions sans doute encore le courage de notre opinion, — je veux dire nos successeurs, — et ils s'adresseraient comme nous, avec confiance au Comité pour approuver, et à l'Assemblée pour ratifier par ses applaudissements. (*Applaudissements.*)

Il y a une ou deux années où la médaille a dû être reportée à l'année suivante. Ne nous plaignons pas d'être obligés de faire l'inverse : c'est d'un bon augure pour l'avenir.

Pour le prix Nozo, le concours a été également brillant, et il l'aurait été plus encore si ceux qui, parmi les juges, auraient pu concourir en quittant leur place au jury, n'avaient préféré rester au poste d'honneur où vos suffrages les ont appelés. C'est là un sentiment tout naturel; mais c'est aussi

un devoir pour nous de répéter que leurs travaux les mettaient au premier rang et leur donnaient d'avance les plus grandes chances.

Le jury était formé, comme vous le savez, du Président et des quatre Vice-Présidents, ainsi que des trois membres nommés par l'Assemblée : MM. Badois, Rubin et Georges Salomon.

Les mémoires sur lesquels, après discussion, s'est concentrée l'étude du jury, sont ceux de MM. Cabanellas, Cotard et Auguste Moreau.

Le mémoire de M. Cabanellas sur le transport de l'énergie par l'électricité a déjà été récompensé par la Société, et le jury pense qu'il reviendra devant vous avec d'autres travaux poussés encore plus loin.

Les travaux de M. Cotard sur le mouvement, l'aménagement des eaux et sur les irrigations ont vivement attiré l'attention du jury et l'ont tenu en suspens par l'élégance de la forme et les considérations neuves qui y abondent.

Mais, il lui a semblé, après un long débat, que les communications de M. Auguste Moreau sur les chemins de fer économiques, sur leur construction dans tous ses détails, sur leur nécessité et sur leur avenir, formaient un tout complet, prêt pour l'application, écrit exclusivement pour la Société, et pouvant servir de modèle à tous ceux qui auraient à établir des chemins à voie étroite.

Il a paru, en outre, au jury qu'en décernant le prix Nozo à M. Auguste Moreau, la Société émettrait en quelque sorte un vœu en faveur de leur développement si désirable dans notre pays, et fixerait ainsi, dans une question grave, avec l'autorité qui lui appartient, toutes les irrésolutions.

Je prie donc M. Auguste Moreau de vouloir bien venir recevoir le prix Nozo, et je lui adresse, au nom de la Société, les plus vives félicitations. (*Applaudissements.*)

Mes chers confrères, je termine ici le rapport par lequel je voulais vous indiquer à peu près la situation de la Société, et au point de vue financier, pour l'avenir, par la libération de l'hôtel qui vous appartient, et au point de vue de nos études, par les travaux importants que nous avons eus à examiner et à récompenser.

Je voudrais vous dire maintenant deux mots de questions toute différentes, et d'abord, d'une question qui préoccupe un certain nombre de membres de la Société : c'est le voyage en Belgique.

L'année dernière, nous avons reçu une gracieuse invitation de la part des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, et des Ingénieurs sortis de l'École de Gand.

Cette année, les Ingénieurs des Écoles de Louvain se sont joints, pour cette invitation, aux Ingénieurs de Gand.

Quelques difficultés se sont élevées, par suite de l'empressement même de nos confrères belges. Grâce aux efforts de notre Président honoraire, M. Tresca, elles ont été heureusement aplanies, et voici à peu près dans quelles conditions le voyage doit s'effectuer.

Le départ de Paris est fixé au dimanche matin, 9 août. Ce sont les Ingénieurs de l'École de Liège qui viennent, pour ainsi dire, *enlever* la Société.

Ils veulent mettre à notre disposition un train de wagons-lits, de façon à nous faire faire le voyage de la manière la plus agréable. Ils ont l'intention de déléguer plusieurs membres de leur Association pour nous conduire en Belgique et nous amener jusqu'à Anvers.

Le premier jour, les membres de la Société seront laissés libres en arrivant : ceux qui ont du goût pour les arts iront au musée Plantin; d'autres iront jeter un coup d'œil à l'Exposition. En tout cas, un vin d'honneur nous sera offert le soir, à l'Hotel de Ville, par le Bourgmestre d'Anvers et par nos confrères de Liège.

Le lendemain, ils voudront bien nous accompagner à l'Exposition, et le banquet offert par la Société des Ingénieurs sortis de l'École de Liège aura lieu le lundi soir.

Le mardi, nous serons réunis aux Ingénieurs de l'École de Gand et des autres Écoles; ils nous montreront les installations maritimes et tous les travaux du port. J'espère que M. Hersent sera là pour nous donner, lui aussi, des renseignements et pour recevoir les éloges qu'il a si bien mérités pour l'exécution remarquable de ces grands travaux; j'espère qu'il ne manquera pas d'être avec nous. (*Applaudissements.*)

Nous reviendrons mercredi à Bruxelles, où les Ingénieurs des Écoles de Gand et de Louvain veulent nous offrir un second banquet.

Chacun de nous pourra alors choisir la direction qui conviendra à ses goûts ou à sa spécialité, et visiter l'industrie belge aux lieux mêmes où elle se manifeste avec tant de puissance. Les uns iront parcourir le bon pays de Liège, les autres se dirigeront vers Gand et ses environs.

En résumé, la tournée officielle durera quatre jours, et les quatre jours suivants chacun reprendra sa liberté d'excursionniste.

Nos confrères belges se tiendront à notre disposition d'une manière courtoise et complète, et nous allons contracter envers eux une grande dette de reconnaissance. Tout ce qu'ils désirent, c'est de savoir d'avance, approximativement, le nombre de leurs hôtes dans les diverses directions.

Très prochainement, nous préparerons une circulaire que nous enverrons à tous les membres de la Société, et nous prierons ceux qui comptent venir en Belgique, de vouloir bien écrire à M. Husquin de Rhéville, qui les inscrira sur un registre spécial; nous pourrons ainsi leur transmettre en temps utile les indications nécessaires. Nous demanderons une réponse prompte.

J'ai maintenant une seconde question, une sorte de hors-d'œuvre qui ne rentre pas dans le cadre des sujets que nous avons l'habitude de traiter à la Société, à vous présenter. Mais, comme je le disais tout à l'heure, nos fondateurs nous ont laissé une marge très large; c'est pourquoi je me permets de vous dire un mot aujourd'hui sur la loi du recrutement, dont un des articles, l'article 20, vient d'être voté à la Chambre à une grande majorité. Si je vous parle de cette loi, c'est d'abord parce qu'elle menace profondément l'industrie nationale; c'est ensuite parce que M. Francisque Reymond, député, notre collègue du comité, a pris la parole, à ce propos, et a défendu dans cette circonstance, avec M. Leniest, les droits de l'intelli-

gence et la vraie démocratie, que la Chambre, poussée, je ne sais par quel aveuglement, a complètement oubliés.

Je crois qu'il ne messied pas de dire dans cette enceinte que le conseil de perfectionnement de l'École centrale n'a rien négligé en cette grave circonstance. Il a nommé une commission, qui a fait un rapport, selon nous irréfutable, et ce rapport a été présenté à M. Rouvier.

M. Reymond, qui n'avait pas voulu appartenir à la Commission pour conserver toute sa liberté, a présenté à la Chambre un plaidoyer extrêmement ferme. Il a fait remarquer à ses collègues que la loi disait : Supprimons tous les privilèges ; et qu'elle en rétablissait un immédiatement pour l'École polytechnique, l'École de Saint-Cyr et l'École forestière. Le service militaire de trois ans est exigé des élèves de l'École normale, de l'École centrale, de l'École des mines, des Écoles d'arts et métiers et des hautes études commerciales, et les élèves de l'École forestière en sont dispensés; de sorte que le privilège qu'on voulait absolument supprimer par la nouvelle loi reparaît trois ou quatre pas plus loin.

Dans son rapport, la commission du Conseil de perfectionnement de l'École centrale disait que nous ne demandions pas qu'on supprimât pour nos élèves les charges militaires, mais seulemement qu'on les établît en ne brisant pas leur carrière. Et elle faisait ressortir qu'il était très facile d'introduire les exercices militaires à l'École centrale, comme à l'École polytechnique.

M. Reymond a montré que la Chambre se trompait en croyant supprimer les privilèges par l'article 20. Il a fait voir qu'elle les accumulait au contraire et qu'au lieu de favoriser l'élévation des couches sociales, surtout pour les jeunes gens qui n'ont pas une fortune suffisante pour se livrer sans obstacle à leur vocation scientifique ou industrielle, elle les condamnait à une lutte presque impossible. Les parents peuvent, en effet, dans certains cas, faire des sacrifices pour leurs enfants jusqu'à l'âge de vingt ans, mais si on leur demande de renouveler ces sacrifices trois ans après, c'est-à-dire à la fin du service militaire, pendant lequel les jeunes gens oublient en grande partie, sinon totalement, ce qu'ils ont appris, la chose devient cruelle et illusoire. La mesure prise par la Chambre est donc, dans toute la force du terme, une mesure de privilège. Les jeunes gens riches feront trois ans, c'est vrai, mais ils auront ensuite à leur disposition d'habiles professeurs qui les mettront en état de regagner le temps perdu, et ils arriveront plus tard, voilà tout, tandis que les familles peu aisées ne pouvant plus supporter de si lourds sacrifices, seront obligées de laisser leurs enfants dans une position médiocre.

M. Reymond a dit tout cela à la Chambre, il a été battu, mais son discours reste. En défendant les vrais intérêts du pays, il a défendu les intérêts des Ingénieurs civils, et j'ai voulu dire ces quelques mots pour qu'il pût y avoir dans nos Bulletins une espèce de protestation de la Société, contre la mesure prise par la Chambre; j'ai voulu aussi émettre le vœu que la Chambre ne persiste pas dans cette voie et n'en appelle pas au sort au

lieu de peser l'intelligence, pour le renvoi anticipé des hommes dans leurs foyers.

A cause des nécessités du budget, on ne pourra pas laisser les contingents tout entiers pendant trois ans sous les drapeaux : il faudra renvoyer tous les ans 7000 hommes qui n'auront qu'un an de service, et l'on tirera alors au sort. Vous savez ce qui arrive quand on s'adresse au sort.

Ainsi, ce privilège qu'on veut supprimer coûte que coûte, qu'on ne veut pas accorder à l'intelligence et à la capacité de dix-huit cents jeunes gens au plus par an, on le donnera au sort pour sept mille jeunes français pris au hasard. N'est-ce pas là ce qu'on peut appeler une démonstration par l'absurde ?

Pendant ce temps-là, les pauvres jeunes gens qui auraient pu entrer dans le commerce et l'industrie et nous aider à vaincre la concurrence de l'étranger, seront maintenus sous les drapeaux ; et, comme le commerce et l'industrie ne peuvent pas s'arrêter, on sera obligé d'admettre dans nos usines des Allemands qui, eux, ne sont pas soumis à ce service de trois ans. Oui, comme on n'aura pas de Français, il faudra prendre des Allemands, voilà à quel résultat on sera parvenu !

Si vous le permettez, ce que je viens de dire sera consigné dans le Bulletin. (*Approbation et vifs applaudissements.*)

— L'ordre du jour appelle la communication de M. Duroy de Bruignac sur la *Théorie des hélices propulsives.*

M. Duroy de Bruignac a la parole.

M. Duroy de Bruignac ne s'arrêtera pas à faire l'historique des très nombreux systèmes d'hélices, ce qui serait beaucoup trop long et de peu d'intérêt.

Les deux systèmes qui prédominent aujourd'hui, au moins dans la construction française, sont : l'hélice classique à pas constant avec génératrice droite selon le rayon ; l'hélice système Hirsch, où la génératrice et la directrice sont l'une et l'autre des courbes très prononcées tournant leur concavité vers l'eau attaquée.

Le système Hirsch, regardé comme un progrès et qui l'est en effet, a un double but :

1° Diminuer le plus possible, par la génératrice courbe, l'action *centrifuge* de l'hélice, regardée comme nuisible et causant une perte de force ;

2° Combattre, par la directrice *à pas croissant*, l'affaiblissement de pression résultant de l'accélération de l'eau sur l'aube.

Ce système, et tous ceux proposés jusqu'ici, ont un défaut essentiel : c'est que leurs éléments principaux sont choisis par une intuition générale, plus ou moins exacte, du phénomène, non par des considérations mécaniques ou des calculs précis.

M. de Bruignac, au contraire, s'est posé le problème sous cette dernière forme, et il croit l'avoir résolu exactement dans toutes ses parties ; du moins, avec toute l'exactitude désirable en pratique.

Le système de M. de Bruignac pour la construction de l'aube, peut se résumer ainsi : à partir d'une génératrice ou arête initiale droite selon le rayon, construire les directrices hélicoïdes à pas constant, chacune selon la propulsion que l'on veut en obtenir, et puis rectifier chaque directrice (s'il y a lieu), en y appliquant le relèvement de pas et l'excentricité que donnent les formules. La directrice est ainsi la trajectoire de l'eau donnant la propulsion voulue. L'ensemble des directrices comme juxtaposées forme l'aube.

Le choix de l'arête initiale droite résulte des propositions suivantes, dont M. de Bruignac indique sommairement la démonstration.

1° L'action *centrifuge* de l'hélice résulte, soit de la propulsion biaise qui lui est essentielle, soit d'une sorte d'illusion; c'est-à-dire, pour ce second cas, que l'action centrifuge relativement à une aube résulte, non pas de cette aube dans la position considérée, mais des autres aubes ou des positions *antérieures* de la première.

Par conséquent les procédés, faciles à trouver, pour réduire l'effet centrifuge, n'améliorent pas la propulsion et ne font que déterminer des frottements nuisibles.

2° L'élément d'aube dirigé selon le rayon cause toujours, toutes choses égales d'ailleurs, la plus grande propulsion utile; en sorte que les dispositions employées pour faire converger les filets liquides vers l'axe ont pour effet d'amoindrir la puissance.

Lorsqu'on essaye de poser des formules, on trouve que les variables ne peuvent se séparer; il faut donc procéder par approximations successives; et le plus simple est de construire d'abord l'aube sans tenir compte de l'accélération, puis d'y appliquer les effets de l'accélération. — Cette marche, qui aurait pu être longue, ne l'est pas, parce que, dans la pratique, le relèvement du pas et l'accroissement de rayon résultant de l'accélération sont très petits, parfois négligeables; en sorte que l'on atteint le but du premier coup, sans seconde approximation.

Puisque l'accroissement du pas de la directrice, exactement calculé, est très faible, pourquoi la directrice Hirsch, qui est très concave, a-t-elle obtenu une réelle amélioration? C'est que cette directrice, partant d'un angle trop petit pour aboutir à un angle trop grand, rencontre en chemin l'*angle de propulsion maxima*, que les hélices précédentes n'avaient pas.

Action propulsive d'une directrice. — La figure suivante et son explication indiquent le procédé général que l'on emploie dans tous les cas pour déterminer les éléments utiles d'une directrice ou section.

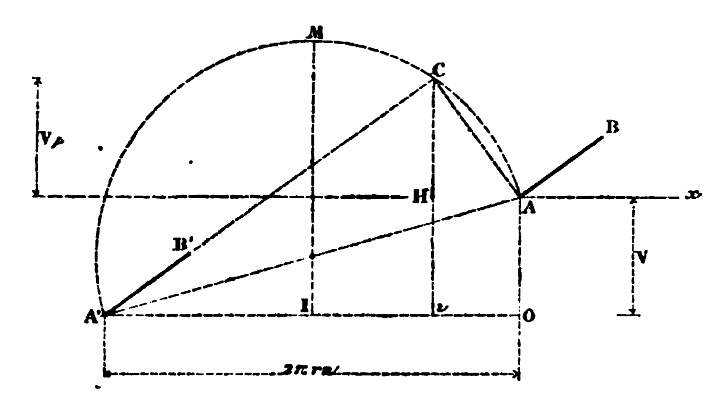
A, projection de l'arête initiale de l'aube;

AB, développement, sur le plan de la figure, d'un élément de directrice.

AO, projection de l'axe de l'hélice, parallèle à la translation du bateau; c'est la translation de l'hélice pendant un temps considéré ; si ce temps est 1″, AO = V_m, *vitesse de marche.*

A'O, rotation du point A pendant le temps considéré, développée sur la

figure. On démontre que ce développement donne des résultats vrais, quel que soit le temps considéré.



Si ce temps est 1″, A′O = 2 πrn, r étant la distance de AB à l'axe, et n le nombre de tours de l'aube par 1″.

A′B′, position rabattue de AB après le temps considéré.

AA′, vrai parcours du point A, développé.

AC, normale à AB, vrai parcours rabattu sur le plan de la figure, d'une particule d'eau pendant le temps considéré. La perpendicularité résulte de ce que le frottement de l'eau sur l'aube est négligé; c'est sensiblement exact. Il faut pour cela l'aube très lisse.

CH, mouvement de la particule d'eau en sens opposé de la translation du bateau. Pendant 1″, ce mouvement est V_p, *vitesse de propulsion*, c'est-à-dire *vitesse imprimée à l'eau dans le sens opposé à la marche du bateau, d'où résulte la pression utile sur l'aube en sens inverse, qui est facteur du travail de translation.*

BAx = B′A′O = α, angle de l'aube pour la directrice considérée.

AA′O = α_m, *angle de marche;* ses tangentes sont $\frac{V_m}{2\,\pi r n}$; l'hélice géométrique ayant de tels angles placée sur un bateau qui aurait, par d'autres moyens, la vitesse V_m, *traverserait l'eau sans lui imprimer ni en recevoir de pression.*

En outre de ces données, il suffit de remarquer que, par suite de la perpendicularité entre AB et AC, on a ACI = α. Ces seuls éléments permettent, par un simple calcul de géométrie, de formuler toutes les valeurs utiles.

Par exemple, on établit d'abord les relations suivantes qui s'appliquent à une directrice quelconque, à la seule condition qu'elle soit une hélice à pas constant :

$$V_p = \frac{2\pi rn \ tg\,\alpha - V_m}{1 + tg\,2\,\alpha};$$

$$tg\,\alpha = + \frac{\pi rn}{V_p} - \sqrt{\left(\frac{\pi rn}{V_p}\right)^2 - \frac{V_m + V_p}{V_p}}$$

Le cas particulier le plus intéressant, peut-être, est celui où l'on veut déterminer la propulsion maxima qu'une directrice puisse causer. Il faut évidemment pour cela une valeur de α telle que C coïncide avec M, sommet du cercle relativement à A'O. Avec cette condition posée, on calcule les formules de ce cas, qui se simplifient, du reste, parce qu'alors $A'I = IO = \pi r n$. L'aube dont toutes les directrices seraient ainsi calculées est *l'aube à propulsion maxima*, la plus puissante que les données comportent. Les relations appartenant à cette aube sont les suivantes :

$$V_{p\mu} = \frac{1}{2}\left[\sqrt{4\,\overline{\pi r n}^2 + V_m^2} - V_m\right]$$

$$tg\,\alpha_\mu = \frac{V_m}{2\,\pi r n} + \sqrt{\frac{V_m^2}{\overline{2\,\pi r n}^2} + 1.}$$

Il sera pareillement facile de construire une aube où la propulsion soit partout la même, en astreignant la longueur CH à rester la même dans toutes les sections.

M. de Bruignac ne s'arrêtera pas à citer ici d'autres formules; les principales sont consignées dans sa note.

Croissance du pas ; excentricité. — Les calculs par lesquels on détermine le relèvement théorique de l'aube et l'excentricité, résultant de l'accélération de la particule fluide, ne sont pas aussi simples que les précédents ; M. de Bruignac ne peut ici en donner l'idée qu'en posant deux formules.

La croissance du pas peut s'évaluer par l'ordonnée suivante z, qui est la valeur analogue à C I de la figure précédente, dans la directrice rectifiée :

$$z = \frac{V_m}{2\,\pi n}\,\Omega + \frac{V_p}{2\,\pi n}\,\Omega + \frac{1}{2}\;\frac{V_p}{4\,\pi^2 n^2}\,\Omega^2;$$

Le relèvement de l'aube correspond précisément au troisième terme en Ω^2. Cette différence d'ordonnée indique suffisamment la variation de α. Ce troisième terme n'est autre que $\frac{1}{2} j\, t^2$ exprimé en fonction des données ; et la brièveté de t en pratique pour une aube permet de prévoir que la variation de pas est très faible.

Le rayon final d'une section, r, a la valeur suivante en fonction du rayon initial r_0.

$$r = \frac{1}{2} r_0 \left(e^{\gamma\sqrt{m}} + e^{-\gamma\sqrt{m}}\right);$$

γ est le déplacement angulaire réel d'une particule fluide ; m, le rapport

de ce déplacement à sa partie due à l'accélération. Cette expression a été étudiée par M. de Bruignac, dans les *Remarques sur l'effet d'une force*, qu'il a eu l'honneur de présenter à la Société l'année dernière. — On peut pressentir encore que la variation de r est ordinairement insignifiante, puisqu'elle n'est qu'une projection du troisième terme de z.

Bras inerte. — Comme la propulsion d'une aube près de l'axe est très faible, et principalement nuisible parce que son courant heurte l'aube suivante, on peut préférer y renoncer et construire l'aube en deux parties : un *bras inerte* depuis l'axe jusqu'à une certaine distance; puis l'*aube utile*, de ce point à l'extrémité du rayon.

Pour que le bras inerte soit tel, du moins le plus possible, il suffit que sa surface médiane soit un hélicoïde à pas constant ayant pour angles les « angles de marche. »

Couronnes.— Ce qui précède suggère la construction suivante : donner à l'hélice entière quatre bras inertes au plus, au mieux trois, soutenant une couronne, à l'extérieur de laquelle sont placées les aubes utiles, en nombre plus grand que celui des bras; la couronne est une section de cylindre concentrique.

Cette disposition permet d'augmenter beaucoup les qualités d'une hélice, toutes choses égales d'ailleurs, car on peut avoir ainsi beaucoup plus d'aubes utiles que si chacune aboutissait au moyeu.

Aube striée. — On a vu que, pour un même angle, la meilleure propulsion était obtenue lorsque l'élément d'aube était dirigé selon le rayon. Mais on comprend que, malgré l'arête initiale droite selon le rayon, la construction comme par directrices isolées empêche l'ensemble de la surface de rester toujours dans cette condition de meilleure propulsion.

Pour concilier ces deux conditions fondamentales, le seul moyen paraît être de former l'aube de zones concentriques, suffisamment étroites, ayant le même pas dans toute leur étendue suivant le rayon : ces zones se raccordant par de petites surfaces triangulaires de cylindres concentriques.

M. DE BRUIGNAC ne croit pas que cette construction la plus correcte soit toujours nécessaire. On pourra apprécier ce qu'il en sera dans chaque cas d'après la forme de l'aube calculée.

Travail. — M. DE BRUIGNAC indique le système de calcul de travail d'une aube. Selon lui, il y a une différence complète entre le travail de l'eau poussée par l'aube et le travail de l'aube relativement au bateau... On le voit clairement dans le cas théorique extrême où l'eau résiste comme un écrou fixe, car alors le travail de l'eau est nul et celui de l'aube considérable.

Pour calculer le travail sur une zone directrice, on détermine la pression de l'eau normalement à l'aube, p_n ; alors, en nommant T_p le travail de propulsion utile parallèlement à l'axe, T_r le travail de rotation normal à l'axe,

et S la surface suffisamment petite sur laquelle ces travaux s'appliquent, on a

$$T_p = S p_n \cos \alpha . V_m ;$$
$$T_r = S p_n \sin \alpha . 2\pi r n.$$

Le rendement de l'hélice elle-même, indépendamment de la transmission et du moteur, a pour expression

$$R = \frac{T_p}{T_p + T_r}$$

En terminant, M. de Bruignac présente plusieurs modèles de ses hélices, et il ajoute qu'il se tient entièrement aux ordres de la Société pour fournir toute explication qui pourrait lui être demandée. (*Applaudissements.*)

M. le Président demande si quelqu'un a des observations à faire sur la communication de M. de Bruignac. Il donne la parole à M. Quéruel.

M. Quéruel. Si j'ai bien compris la savante communication de M. Duroy de Bruignac, notre honorable collègue conclut en faveur d'une hélice dont la partie centrale serait délivrée des éléments encombrants et obliques que nécessitent les ailes isolées. La partie travaillante de l'hélice consisterait en une couronne à demi-rayon extérieur portant une série d'éléments d'hélice dont les projections couvriraient aux trois quarts la zone coronnale.

Cette hélice n'est point nouvelle, si je ne me trompe, c'est l'hélice Éricson essayée dès le début.

Cette hélice a été immédiatement rejetée comme très défectueuse, à cause des surfaces considérables qui gaspillaient la puissance en frottement.

Les savantes expériences faites vers 1850 par le vice-amiral Bourgois, alors enseigne de vaisseau, et l'usage expérimental qui est venu confirmer la théorie établie par ces expériences, ont indiqué que l'on devait réduire, autant que possible, le nombre et la largeur des ailes des hélices, de manière à éviter le frottement des surfaces dans l'eau, le frottement étant un facteur négatif considérable.

Ce fait est tellement vrai, que, sur un petit steamer d'essai que j'avais à Paris, il m'est arrivé de briser trois ailes sur quatre, dont se composait l'hélice, et dans la pensée de n'avoir perdu qu'une aile, j'ai fait route de Passy à Port-à-l'Anglais dans ces conditions. La vitesse était un peu diminuée; de 15 kilomètres, elle était de 13 environ; l'arrière du bateau tremblait comme un poisson en marche. Ce ne fut qu'au retour que l'on s'aperçut que l'excursion avait été faite avec une seule aile d'hélice.

Je n'ai pas besoin d'insister pour indiquer les conditions défectueuses d'une hélice à une seule branche, et cependant le rendement, dans le fait qui vient d'être exposé, n'a pas été aussi affecté qu'on aurait pu le supposer.

Ce qu'il importe, c'est de visser avec rapidité dans l'eau, sans s'occuper des suites de l'attaque, ni par le pas fortement croissant (directrice courbe),

ni par courbe sur la génératrice, ni par stries anguleuses destinées à combattre les effets centrifuges.

Pour donner la juste idée de ma conception d'une hélice, je dis que quatre sabres de cuirassier emmanchés en ailes à moulin sur un moyeu, et ces lames suffisamment résistantes et convenablement gauchies en spirales, suffiraient pour propulser un navire à formes fines de 500 tonnes.

L'action de l'hélice ne se produit bien utilement que dans la veine d'eau relativement au repos ; sitôt que l'eau est remuée, il n'y a presque plus d'inertie résistante; c'est ce qui explique que la vitesse de rotation des moteurs à hélice varie très peu, un dixième au plus, que le bâtiment soit amarré ou qu'il file de toute sa vitesse.

Par ces considérations, l'hélice proposée par M. Duroy de Bruignac s'éloigne considérablement de ces remarques d'observation; bien plus, les stries proposées accroîtront considérablement les résistances à la rotation par l'augmentation des surfaces sans qu'on puisse apercevoir aucun résultat compensateur.

Si, en mécanique, la perfection consiste dans la simplicité des organes, la mécanique hydraulique n'y fait pas d'exception, et comparée aux hélices actuelles, l'hélice de M. de Bruignac déroge complètement à ce principe.

M. Edmond Roy a vu, il y a quarante ans, dans les ateliers de M. Pauwels, une hélice identique à celle qu'a présentée M. de Bruignac. Le centre, en fer, portait trois rayons; la couronne, également en fer pour être plus mince, était garnie de sept ou huit fragments d'hélice comme propulseurs. M. Edmond Roy ne sait pas si cette disposition a prévalu dans la pratique; il n'en a plus entendu parler depuis; mais ce qu'il affirme, c'est qu'il l'a vue; la chose a donc été essayée.

Pour ce qui concerne le relèvement de l'hélice, dont parle M. de Bruignac, il y a un moyen très simple de l'obtenir. M. Edmond Roy figure au tableau la disposition qu'il a eu l'occasion d'appliquer dans ce but, et qui consiste à adapter, pour engendrer la surface hélicoïdale, non pas une perpendiculaire à l'axe de l'hélice, mais une droite inclinée sur cet axe. Les ailes se trouvent ainsi relevées sensiblement dans les conditions indiquées par le calcul; elles jettent moins d'eau que les hélices ordinaires.

Une autre question importante est celle de la forme de la section transversale de l'hélice. M. Edmond Roy ne partage pas l'avis de M. de Bruignac sur la manière dont les hélices travaillent dans l'eau. Il estime que les hélices doivent travailler dans des conditions analogues à celles des turbines, c'est-à-dire autant que possible sans choc. La différence entre la vitesse du bateau et celle de l'eau suivant l'axe de l'hélice, appelée recul, tend précisément à produire un choc au point où l'aile attaque l'eau ; il faut chercher à l'éviter, et on peut y arriver en donnant à l'entrée de l'hélice une direction correspondant à la vitesse effective que le bateau prendra dans sa marche. La même précaution est à prendre à la sortie, où l'eau doit quitter l'hélice sans vitesse, ainsi que cela se passe dans les turbines. M. Edmond Roy fait un croquis de l'hélice construite par lui dans ces con-

ditions; c'est l'hélice dite à pas différentiel, qu'il n'a du reste pas imaginée, qui était connue, mais peu appliquée, parce qu'on trouve sa forme gênante, pour le travail et pour la construction. Toutefois, dans la pratique, elle donne de très bons résultats.

M. Sordoillet fait observer qu'une considération très simple permet de se rendre compte de l'inefficacité de la couronne.

Un propulseur ainsi construit agirait sur une bien plus faible quantité d'eau qu'une hélice ordinaire du même diamètre : par suite, la réaction du liquide sera diminuée et l'effet de propulsion amoindri.

Et même si, comme le propose M. Duroy de Bruignac, la surface active de la couronne est rendue équivalente à celle d'une hélice ordinaire, il y aura une perte de travail due à ce que les filets liquides de la partie centrale, n'étant pas mis en mouvement par le propulseur, seront entraînés par les filets voisins, car on ne peut pas supposer qu'ils resteront immobiles.

M. Léon Thomas demande à M. de Bruignac quelle influence il attribue au frottement dans la région des stries, ainsi qu'à l'augmentation de surface dont a parlé M. Quéruel.

M. Duroy de Bruignac observe qu'il n'y a pas, à proprement dire, d'augmentation de surface ; celle qui est due aux redans formés par les stries n'a pas d'importance, car ces redans glissent dans l'eau sans la pousser. La surface agissante ne se trouve donc pas modifiée par les stries.

M. Quéruel ajoute un mot au sujet des stries et ne croit pas que les choses se passent comme M. de Bruignac vient de le dire, car l'eau formera une sorte de bourrage tout le long de ces sinuosités, qui nuira au rendement.

M. de Bruignac dit qu'en considérant de près le phénomène, on voit que les stries étant établies conformément aux résultats du calcul, l'eau les suivra sans jamais passer de l'une à l'autre; il n'y aura donc pas de bourrage.

M. Léon Thomas l'admet dans le cas d'une très bonne construction.

M. Badois demande s'il y a une corrélation quelconque, dans la pensée de M. de Bruignac, entre la théorie des hélices pour l'eau et celle des hélices pour l'air.

Il sait que M. de Bruignac s'est beaucoup occupé de la question d'aérostation, et tiendrait à apprendre si, en tenant compte de la différence des molécules, la même théorie peut être appliquée dans les deux cas. D'après ce qui a été dit, on suppose que, dans l'eau, il n'y a pas de projection vers la circonférence; dans l'air, il doit y avoir une réaction très grande : ce serait un point important à éclaircir.

M. de Bruignac reprend successivement les observations qui viennent d'être faites, pour y répondre en détail.

Ce serait une complète erreur de croire que la disposition des aubes sur couronne soit aucunement particulière ni essentielle au système qui vient d'être exposé: le système de M. de Bruignac est principalement une méthode pour calculer, avec une exactitude suffisante, l'effet d'une aube *quelconque*,

considérée isolément; et, par suite, pour déterminer la forme d'aube réalisant un effet demandé. Ce n'est que très accessoirement que M. de Bruignac parle des aubes sur couronne; mais il croit cette disposition recommandable. L'insuccès que des essais pareils peuvent avoir subi antérieurement tient sans doute à ce que ces hélices à couronnes étaient faites tout autrement que ne le propose M. de Bruignac, notamment en ce qui concerne les bras. L'hélice citée par M. Roy n'avait ni les bras ni les aubes utiles faites d'après les formules de M. de Bruignac; c'est une différence radicale; c'est toute la question. M. Quéruel, aussi, se représente très inexactement l'hélice à couronne dont parle M. de Bruignac; tout y est calculé; l'exemple, donné dans la note, le montrera.

Les stries bien faites n'auraient pas l'inconvénient que l'on redoute. La surface active reste la même avec elles que sans elles; quant aux surfaces de raccord, parallèles à la propulsion, elles ne causeraient qu'un frottement tout à fait insignifiant. En outre, il ne faut pas croire que l'eau ait sur l'aube une marche notable selon le rayon; sa marche est sensiblement concentrique, c'est-à-dire dans la direction même des directrices ou des stries; on s'en assure par un examen suffisamment attentif. Les stries n'ont aucunement pour but de combattre l'effet centrifuge; on le reconnaît par les explications de l'exposé précédent.

Il est vrai, comme le remarque M. Quéruel, que des lames presque quelconques plantées sur un moyeu causeraient une propulsion; mais cette propulsion serait-elle toujours également bonne? On ne songerait pas à le soutenir; ce n'est donc pas de cela qu'il s'agit. Le problème consistait à trouver le moyen de calculer exactement l'effet d'une aube quelconque, et à déterminer par suite les meilleures conditions de cet effet. M. de Bruignac y a-t-il réussi? Voilà la question, qu'il importe de ne pas déplacer involontairement.

Il n'est pas surprenant que la disposition conique des aubes, essayée par M. Roy, ait diminué l'effet « centrifuge; » c'est ce qu'ont obtenu, par des moyens analogues, les hélices Dundonald et Tornycroft; on réussirait bien mieux encore en entourant l'hélice d'un cylindre concentrique fixe isolé d'elle. Mais il reste à savoir si ce résultat est réellement avantageux et si l'effet utile n'est pas diminué d'autant. M. de Bruignac croit avoir démontré rigoureusement dans sa note que cette concentration des filets liquides est inutile et nuisible.

Semblable remarque au sujet de la forme d'aube qui accroît progressivement la vitesse de l'eau et la rend sans vitesse : Est-ce utile et sans inconvénient? M. de Bruignac pense le contraire; il l'a expliqué dans sa note, et se borne ici à ces simples mots : à l'entrée de l'aube, on perd de la force en accompagnant l'eau; à la sortie, l'aube et l'eau se quittent sans conserver d'influence mutuelle, et toute disposition pour laisser l'eau sans vitesse est entièrement inutile.

M. de Bruignac sait bien que sa manière de voir sur ce dernier point, comme sur l'effet centrifuge des hélices, diffère beaucoup des idées ayant

cours; mais il croit qu'en examinant le phénomène attentivement d'après ses indications, l'exactitude de son opinion ressortira avec une complète évidence. Ce qui importe, c'est de bien voir les conditions toutes spéciales dans lesquelles agissent les hélices propulsives.

Au sujet de l'observation de M. Sordoillet, M. de Bruignac fait remarquer que le travail d'un élément d'aube est fonction du cube de son rayon, de sorte que la disposition en couronne accroît beaucoup le travail. Dans l'exemple étudié par la note, cette disposition triple le travail utile.

Répondant à une question de M. Badois, M. de Bruignac dit qu'à son avis le système de construction des hélices propulsives dont il s'agit est le même pour l'air que pour l'eau. Seulement, quel que soit le milieu, il est essentiel de remarquer que ces hélices sont placées dans des conditions toute différentes de celles de tout autre moteur, et ne peuvent être assimilées à aucun.

Il n'y a pas à s'étonner de voir résulter de ces aperçus qu'une hélice ne convient le mieux qu'à une seule vitesse. C'est au contraire naturel, et on ne conçoit guère qu'il pût en être autrement; en pratique, il n'y aurait pas de difficulté : on calculerait l'aube pour les vitesses (translation et rota tion) auxquelles elle est principalement destinée; à d'autres vitesses, elle travaillerait moins bien, mais suffisamment... Il en a toujours été ainsi; seulement, on ne s'en apercevait pas, faute d'une méthode exacte d'évaluation.

En général, il convient de faire des réserves au sujet des résultats d'expériences que l'on croit avoir obtenus avec les hélices, parce que leurs éléments étaient déterminés tellement en dehors des conditions réelles, que les résultats ont pu donner lieu à de complets malentendus. C'est une considération capitale, que M. de Bruignac ne peut qu'indiquer en ce moment.

M. de Bruignac répète qu'il est entièrement à la disposition de la Société pour la discussion; en outre, qu'il se ferait un plaisir de causer avec les membres qui voudraient le questionner en particulier.

M. le Président remercie M. de Bruignac de sa communication très intéressante; la question est délicate et compliquée, et il sera bon de relire le mémoire de M. de Bruignac pour se rendre compte de ce que serait le procédé qu'il préconise. Les observations présentées seront consignées dans le procès-verbal, et s'il y a lieu de produire, dans une séance ultérieure, quelques remarques, M. le Président est prêt à laisser s'ouvrir une discussion.

M. Herscher dit qu'il est quelque peu en désaccord avec M. de Bruignac.

M. le Président lui demande s'il veut prendre rendez-vous pour discuter la question.

M. Herscher pense que la discussion serait encore prématurée. On poursuit en ce moment une étude intéressante sur les hélices destinées à mettre en mouvement l'air. Le problème est délicat, il y a là des molécules

qui se trouvent dans des conditions absolument différentes de celles de l'eau.

M. le Président dit qu'on attendra le rendez-vous que donnera M. Herscher ; M. de Bruignac sera prévenu.

MM. Bert, Bertrand-Bocandé, Bornet et Kramer, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et quart.

L'INDUSTRIE DU NAPHTE
AU CAUCASE

PAR M. PAUL SAGE.

DESCRIPTION, EXPLOITATION.

Chaque jour, sur tous les océans et sur la plus grande partie des terres habitées, des centaines de paquebots et de trains de chemins de fer, sur lesquels résonnent tous les idiomes de la terre, emportent, dans leur course rapide, tous les produits du monde entier. L'Europe, en particulier, est sillonnée de voies ferrées ; l'Asie voit le rail s'avancer à l'Occident et le temps n'est pas loin, sans doute, où un double ruban d'acier lancé à travers ses steppes et ses hauts plateaux, perçant ses montagnes ou serpentant par de là leurs sommets, mettra en contact 300 millions d'Européens et 500 millions d'Asiatiques.

Plus que toute autre contrée de l'Europe, la Russie a besoin de moyens de transport rapides pour la mise en valeur de son sol en général si fertile ; de plus, la nécessité de relier entre elles les provinces, de nationalités si diverses, qui composent son immense empire, et ses villes séparées par de vastes espaces où les villages sont clairsemés, l'obligent à augmenter sans cesse son réseau de voies ferrées. Depuis peu le Caucase, situé aux confins de l'Europe, est traversé par une ligne de 900 kilomètres de longueur qui relie la mer Noire à la mer Caspienne.

C'est un pays bien curieux que cette antique Colchide, peuplée de nos jours par ces échantillons des races européenne et asiatique : Grecs, Juifs, Arméniens, Géorgiens, Circassiens, Tatars, Persans et

Turcs, débris des alluvions humaines qu'ont laissées sur leur passage tous les peuples envahisseurs qui ont foulé cette route de l'Inde. Tous les climats se rencontrent sur ce sol accidenté. Les points culminants de la chaîne sont couverts de neiges éternelles au-dessus de 3 300 mètres d'altitude ; dans la partie occidentale, de la mer Noire au Terek, les mamelons et les pics sont couverts de forêts sombres, alternant avec des paturages, et en bas sont les terres à blé ; sur le versant sud, le climat est assez doux pour que la vigne croisse naturellement dans les vallées abritées, ainsi que l'amandier, le figuier et l'olivier. Dans la partie orientale de la chaîne, le versant nord est au contraire la région fertile : des forêts couvrent les parties élevées et les vallées du Daghestan renferment la vigne et les arbres fruitiers ; on cultivait, il y a quelques années encore, dans les environs de Derbent, une garance très riche en matières colorantes, mais cette culture a été ruinée par le développement qu'a pris la fabrication des couleurs d'anthracène. Sur le versant méridional, à partir de Chemakha, la végétation s'appauvrit et diminue à mesure qu'on approche de la Caspienne ; à la terre végétale succèdent les affleurements de calcaires et les plaines arides parsemées de lacs d'eau salée et d'efflorescences de sel : on arrive à la terre du naphte.

Une seule échancrure existe à travers le massif caucasien, ouvrant un passage d'un versant à l'autre : elle est formée par les vallées du Térek et de l'Aragva. Les autres cours d'eau qui descendent des montagnes prennent leur source, non sur l'arête principale, mais sur des contreforts secondaires. Dans ces deux vallées passe la belle route militaire qui, en attendant la voie ferrée qui doit relier la ligne transcaucasienne au réseau de l'intérieur de l'empire, conduit de Vladikavkaz à Tiflis. Cette route creusée, sur certains points à flanc de montagne dans le roc et cotoyant des précipices avec des tournants et des pentes rapides, s'élève jusqu'à 1900 mètres d'altitude au-dessus de la mer Noire et passe dans le grandiose défilé du Darial.

Un grand nombre de sources minérales existent dans le Caucase : l'établissement thermal de Pietigorsk (les cinq montagnes), situé à environ 125 kilomètres au nord-ouest de Vladikavkaz, est à peu près le seul fréquenté par les Russes de l'intérieur et les habitants de la contrée ; le gouvernement y envoie les convalescents de l'armée. Cependant cette station et les sources qui en sont peu distantes : Gélieznovodsk, Ecentouky et Kislovodsk, répondent à tous les besoins

de la thérapeutique balnéaire et mériteraient d'être connus des touristes d'Europe.

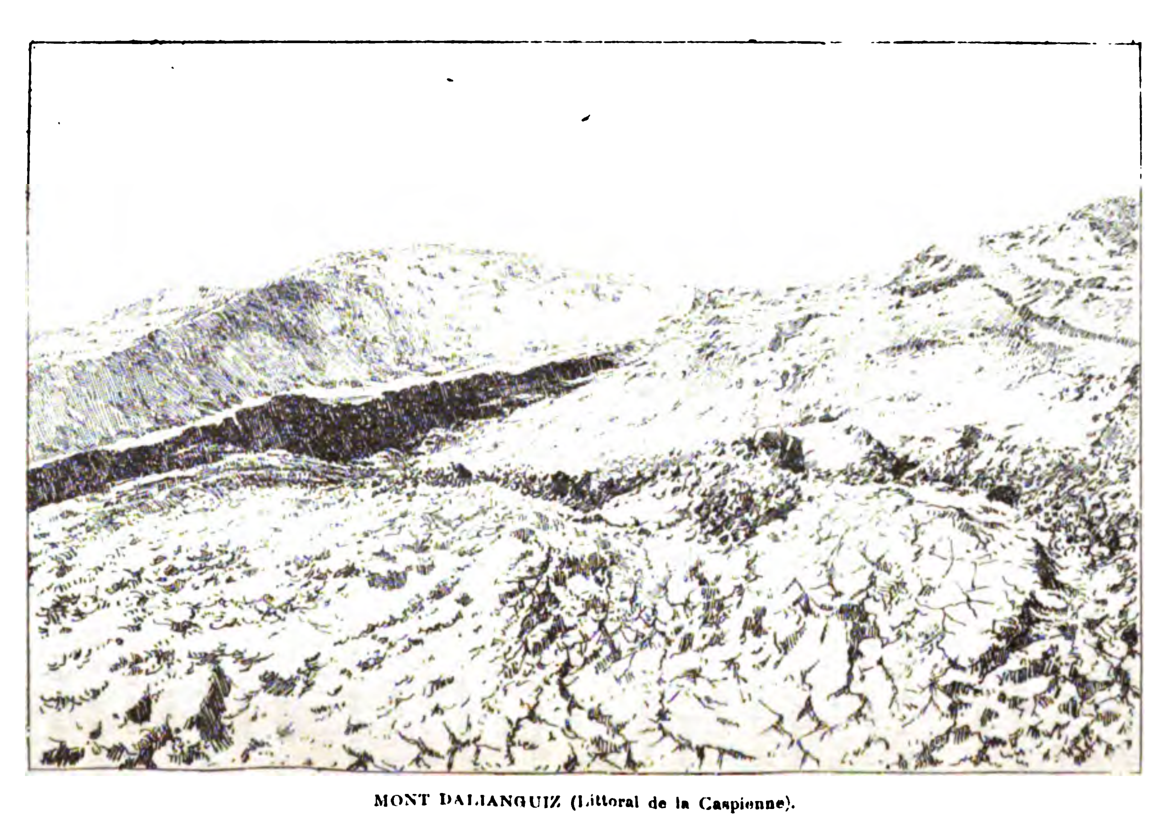
La région du Caucase, en relation, par la mer Noire, avec les côtes de l'Europe méridionale, met en communication, par les caboteurs de la mer Caspienne le Volga, cette grande artère de la Russie, avec les ports de la Perse et les contrées de l'Orient. Ses richesses minières et la fécondité de son sol, ouvrent un vaste champ à l'activité industrielle et agricole et lui assurent un grand avenir.

L'axe principal du massif Caucasien, partant de la presqu'île de Taman, longe les vallées du Rion (le Phase des anciens) et de la Koura (ancien Cyrus), suit une direction nord-ouest-sud-est, traverse la presqu'île de l'Apchéron, se continue à travers la mer Caspienne, accusant son relief par un seuil sur lequel, à part une faible solution de continuité, la sonde ne relève que des fonds de 80 à 100 mètres, tandis qu'au nord et au sud les fonds sont de 3 à 400 mètres et plus, se relève sur la presqu'île de Krasnovodsk et, par une série de collines et de montagnes, traverse le Turkestan pour finir près de Merv. Le développement de la chaîne, de la presqu'île de Taman à Bakou, est 1200 kilomètres environ; sa largeur varie de 150 à 300 kilomètres. Sur un grand nombre de points de son parcours, mais surtout dans les presqu'îles de Taman et de l'Apchéron, l'activité volcanique est loin d'être éteinte, comme le témoignent de nombreuses salses qui laissent couler de la boue et du naphte.

Le Caucase occidental renferme quatre géants : l'Elbrouz, ancien volcan, de 5 646 mètres de hauteur; le Kochtau-Taou, de 5 211 mètres; le Dikh-Taou, de 5 158 mètres ; et enfin le moins haut, mais non le moins imposant, le Kazbek, qui dresse sa cime neigeuse à 5 043 mètres (143 mètres plus haut que le Mont-Blanc).

Les étages jurassique, crétacé et tertiaire sont représentés sur les versants des montagnes de la grande arête. Les éruptions de roches cristallines se sont fait jour sur les sommets élevés : les porphyres et les trachytes (Kazbek), se rencontrent au milieu des neiges.

Le Caucase est, par excellence, un pays minier : le cuivre s'y rencontre sur un grand nombre de points, soit en amas soit en filons, souvent accompagné de blende. Il s'en trouve beaucoup non loin de Telaf, en Kakhétie et à Kadabek près d'Elisavetopol où MM. Siemens exploitent un fort gisement de pyrite; leur usine est approvisionnée



MONT DALIANGUIZ (Littoral de la Caspienne).

de combustible par une forêt de 21 000 hectares de superficie. On exploite aussi à Alaverk, à 80 kilomètres de Tiflis, une couche de 12 à 25 mètres de puissance, teneur 6 pour 100.

Le manganèse se rencontre surtout dans la haute vallée de la Kvirila, en Imérétie, sous forme de pyrolusite; on l'exploite depuis 1879. Actuellement quatre sociétés extraient en tout par an 16 000 tonnes qu'on exporte.

On rencontre, en plusieurs endroits, des minerais de plomb, de cobalt, d'argent, de fer, des sables aurifères, du sel gemme, du gypse, du soufre natif, dans le Daghestan notamment, où une maison française en exploite un gisement qui paraît considérable.

Il existe plusieurs gisements de sulfate de soude : celui de Oudjarmo, situé à 30 verstes[1] de Tiflis, est le seul exploité pour les besoins des verreries ; une société se propose de fabriquer de la soude dans une usine qu'elle installerait prochainement à Bakou.

A 50 verstes de Tiflis se trouvent d'immenses gisements d'hématite rouge et brune.

Dans les environs de Coutaïs, une sorte de jais sert à fabriquer des colliers et autres parures.

Enfin, il existe dans la vallée du Riou, à 30 verstes au nord-est de Coutaïs et à 180 verstes de Batoum, une couche de houille de 8 à 12 mètres de puissance, peu exploitée jusqu'à ce jour mais dont on paraît commencer à s'occuper sérieusement ; d'après un rapport de M. l'ingénieur Kochkoul, elle renfermerait assez de combustible pour fournir à la consommation, pendant 35 années, de tout le littoral de la mer Noire. La compagnie russe de navigation vient d'en acheter à raison de 8 copeks le poud[2] (environ 12 fr. 50 la tonne), rendu à Batoum.

LE NAPHTE.

Comme on le voit, beaucoup de richesses attendent encore des exploitants sérieux ; mais, aux exceptions que nous avons citées, il faut ajouter le naphte qui donne lieu à la plus grande exploitation du Caucase.

On le rencontre sur un grand nombre de points : dans la presqu'île

1. La verste vaut 1067 mètres.
2. Le rouble (cours actuel 2 fr. 60), vaut 100 copeks; le poud vaut 16^{kg},400.

de Taman, à Telaf, à Signakh, à Chemakha, sur le littoral de la Caspienne, mais c'est la presqu'île de l'Apchéron qui en présente le plus riche gisement connu jusqu'à ce jour, dans la région qui comprend la vallée orientée ouest-est et renferme les exploitations de Balakhany et de Sabountchy, et dans les exploitations de Beïbat, situées entre la vallée de Yaçamal et la mer.

Deux formations, quaternaire et tertiaire, se rencontrent dans l'Apchéron, la seconde étant représentée par le pliocène dont l'étage inférieur, renfermant peu ou point de coquillages et, en général, pas d'autres restes organiques que des végétaux, contient le naphte, et l'étage supérieur ou aralo-caspien, qui renferme beaucoup de restes d'animaux et de coquilles.

A la fin de la période pliocène, l'action volcanique s'est manifestée par des soulèvements et des plissements de la couche aralo-caspienne, puis il s'est produit sur les sommets anticlinaux des fractures, des déchirements dont les débris, entraînés par l'érosion des eaux ont, à la longue, laissé des vallées, des combes mettant, sur certains points, l'étage naphtalifère à découvert et dans le voisinage desquelles se rencontrent des salses ou volcans de boue de toutes dimensions, laissant échapper de l'eau salée et sulfurée, du gaz hydrogène carboné mélangé d'acide carbonique et souvent inflammable, et du naphte[1]. Ainsi, la vallée de Balakhany, qui présente la disposition d'une vallée de fracture anticlinale, comme on le voit par les pendages des assises de terrains des deux versants opposés, est accompagnée des importants volcans de boue : Bog-Boga, Kirmakou, Kaourouki, Ciguilpiri, et la vallée de Yaçamal se termine par le Lokbotane; ces volcans ont jusqu'à 100 mètres de hauteur.

On a beaucoup discuté au sujet de l'origine du naphte : qu'il provienne de la distillation de substances végétales ou de débris organiques rudimentaires peu azotés, ou bien de réactions chimiques dans lesquelles l'eau aurait joué un rôle important, la question n'est pas encore sortie du champ des hypothèses. On ne sait pas non plus comment il est distribué dans le sol : M. Batsevitch, un des géologues qui ont le mieux étudié le naphte de l'Apchéron, croit à l'existence de plusieurs niveaux du précieux liquide; d'autres ingénieurs pensent

1. Nous entendons par le mot de naphte employé en Russie, le pétrole brut. Le pétrole raffiné ou huile lampante est désigné sous le nom de pétrole ou de kéracine.

qu'il se trouve renfermé dans des poches isolées, et ils basent leur opinion sur ce fait que parfois deux forages voisins ont donné des rendements de naphte bien différents, fait qui, du reste, ne prouverait rien contre la théorie des niveaux si, n'étant pas de même profondeur, ce que nous n'avons pas été à même de vérifier, ces forages plongeaient dans des nappes différentes.

Il est très possible que le naphte se trouve dans des poches ou des filons plus ou moins étendus, placés à différentes profondeurs, pouvant même être superposés, éprouvant parfois les mêmes modifications que les filons métalliques, quand les couches entre lesquelles ils sont insérés se replient sur elles-mêmes ou se disloquent. Pour ceux qui ont pu constater quelle énorme quantité de sable jettent les éruptions de naphte produites par la poussée des gaz et qu'on nomme *fontaines*, un argument assez plausible en faveur de la théorie des poches ou lentilles est que les affaissements du sol seraient fréquents après l'épuisement d'une couche de grande étendue : on a vu, mais rarement, le sol s'affaisser de 8 à 10 mètres autour d'un chevalement, sur une petite étendue, laissant en place le tubage en fer émergeant comme une colonne au-dessus du sol environnant.

En somme, aucune considération ne peut servir à formuler une règle absolue d'investigation dans la recherche du naphte ; à part certaines portions des régions très explorées de Balakhany et de Sabountchy où on peut, par comparaison avec des forages voisins, estimer approximativement la profondeur à laquelle le naphte sera certainement rencontré, partout ailleurs, même dans les localités où les indices relevés à la surface du sol décèlent la présence du naphte, on ne peut avoir que des présomptions sur l'importance du résultat, et un certain nombre de forages sont stériles.

Poids spécifique du naphte de différentes localités. — Le naphte de Balakhany pèse à 15° C., et selon les profondeurs d'où on l'extrait : 0,815, 0,860, 0,950, soit en moyenne 0,867.

Sabountchy et Romansky		pes. sp.	0.820 à	0.880
Beïbat			0.870	0.874
Binagady			0.910	0.925
Signakh (puits impériaux)			0.915	0.990
District du Terek			0.860	0.920
Kouban	0.860,	0.875,	0.890 et	0.905
Ile de Tcheleken				0.905

D'après M. Mendeleïef, on tire du naphte de Bakou pesant 0,867 :

En première distillation	Benzine raffinée	2 °/₀
	Huile lampante raffinée, explosion à 40° c. pes. sp. 0.828 à 15° c	25
	Huile à brûler, explosion à 120° c. p. sp. 0.870	22
Par deuxième distillation	Huile à graisser de plusieurs sortes, pes. sp. 0.890 à 0.908	22
	Résidus goudronneux, pes. sp. 0.940, mais dont par une troisième distillation régulière, on peut encore tirer :	
	Vaseline	5
	Produit liquide que l'on mélange au pétrole raffiné	4
	Résidus provenant du traitement par l'acide sulfurique et la soude et dont on retirera en produits combustibles	9
	Gaz dégagés pendant la distillation et utilisés pour le chauffage	2
	Résidus solides combustibles	4
	Pertes	5
		100

La surface minière exploitée dans l'Apchéron s'étend sur 400 hectares ; 450 puits environ sont forés sur les deux plateaux de Balakhany et de Sabountchy mais, par suite l'insuffisance des moyens de transport, 200 puits seulement sont en exploitation courante pour fournir à la demande des usines de distillation.

Voici quelle a été annuellement la production du naphte depuis l'année 1873 :

En 1873	4 127 000 pouds, ou	66 045 tonnes
1874	5 107 000	81 707
1875	6 653 000	106 436
1876	10 576 000	170 220
1877		240 000
1878		320 000
1879		368 000
1880		410 000
1881		655 000
1883	environ 38 000 000 de pouds, ou	617 350
1884	70 000 000	1 147 540

Le tableau ci-après, emprunté au journal *Bakinskii Izviestiia* de Bakou, indique les quantités de naphte brut et de ses divers produits dérivés, exportés de Bakou pendant l'année 1884.

EXPORTATIONS	NAPHTE	KÉRACINE	RÉSIDUS de première distillation	HUILES de graissage	BENZINE	KIR (asphalte)
Par mer :	Pouds	Pouds	Pouds	Pouds	Pouds	Pouds
Expédié en Russie par Astrakhan.........	1 642 849	17 572 641	27 252 093	922 647	75 983	400
Dans les ports du Caucase................	175 975	127 282	33 857	22	»	17 300
Sur le littoral de la Caspienne..	»	22 340	85 352	90	»	»
En Perse	55 064	116 734	8 390	»	»	»
Par chemin de fer :						
Pour les besoins de la ligne..............	»	15 689	865 751	1 811	»	»
Pour les diverses localités................	»	3 867 285	294 404	522 841	»	»
TOTAUX... en pouds.........	1 873 888	21 721 971	28 539 847	1 447 411	75 983	17 700
TOTAUX... en tonnes.......	30 719	356 097	467 866	23 728	1 245	290
	Les résultats totaux avaient été en 1883 :					
En pouds	1 874 608	11 927 880	14 066 059	1 101 345	46 544	19 505
En tonnes........	30 731	195 539	230 591	18 054	763	320

En cas d'écoulement assuré, la production actuelle du naphte pourrait facilement être quadruplée.

La ville de Bakou. — Bakou, la ville sainte des anciens Guèbres, est bâtie en amphithéâtre sur la côte sud de la presqu'île d'Apchéron. Son port, bien abrité des vents du nord par le relief de la presqu'île, est la station principale des lignes de navires qui desservent le littoral de la Caspienne de Recht à Astrakhan, en passant par Krasnovodsk, prochaine tête de ligne du chemin de fer transcaspien qui va actuellement de Mikhaïlovsk à Kisil-Arvad, se dirigeant sur Merv en passant par Askabad où il arrivera l'année prochaine.

A plus de 20 verstes de distance, l'odeur pénétrante du naphte signale l'approche de Bakou au voyageur qui arrive par terre. Vue par un beau soleil, du haut des collines qui l'entourent, ses blanches mosquées se dressant parmi les maisons à toits plats, le port avec ses nombreux navires et tranchant par sa teinte sombre sur l'azur du ciel et de la mer, le nuage épais qui flotte au-dessus du Tchornii-Gorod (la *ville noire* des distilleries), Bakou produit un effet assez original.

Cette ville est appelée à prendre un certain développement si on y transporte, comme l'a proposé le ministre de l'intérieur, le grand marché de l'est : la foire annuelle de Nijni-Novgorod qui n'est plus, pour les possessions russes d'Asie, un point assez central. Sa population est de 20 à 25 000 habitants : Persans, Tatars, Arméniens et Russes; ces derniers, pour la plupart fonctionnaires et commerçants, à part quelques ouvriers des forages, sont en minorité. Peu d'étrangers. Le quartier européen est le plus important : ses nombreuses maisons sont grandes et ont belle apparence, les rues sont larges, bien alignées, bordées de trottoirs en bois, ou recouverts d'une sorte d'asphalte appelé *kir*[1]. Les rues pavées jusqu'à ces derniers temps, de cailloux pointus, étaient remplies en été d'une poussière fine et noire que les pluies d'hiver transformaient en lacs de boue liquide où les voitures enfonçaient jusqu'aux marchepieds. On vient de les paver en granit.

En été, on n'a rien trouvé de mieux pour fixer la poussière, que le moindre vent soulève en nuages épais, que d'arroser les rues avec les résidus de la première distillation du naphte, dont l'effet est plus

1. Le kir est le produit de l'oxydation à l'air, et de la distillation partielle au soleil, du naphte riche en goudron. On le recueille autour des salses qui laissent échapper du naphte.

durable que ne le serait l'arrosage par l'eau et ne revient presque pas plus cher, ces résidus s'étant jusqu'à présent vendus à vil prix.

Les jours de fêtes publiques on illumine la ville en brûlant du naphte dans des trous creusés de chaque côté des rues, ce qui rappelle l'entré d'Alexandre le Grand à Babylone, au dire de Plutarque; il n'y manque malheureusement pas toujours le jeune garçon que le conquérant macédonien fit enduire de pétrole et allumer : nous avons été témoin d'un accident de ce genre, assez fréquent, la populace ivre s'amusant à sauter par-dessus les feux. On trace aussi de cette façon sur les collines des environs le chiffre colossal du personnage dont on célèbre la fête, et l'effet produit est très pittoresque.

Le climat de Bakou est assez rude : l'été y est chaud, bien que le thermomètre ne dépasse guère 36° à l'ombre pendant les mois de juillet et août, ne s'abaissant que de 3 ou 4° pendant la nuit. Le calme de l'air n'est troublé que par le vent brûlant venant des steppes calcinés du Turkestan et que son passage au-dessus de la Caspienne ne rafraîchit pas, puis brusquement le vent du nord-est, glacial et redouté en hiver mais alors attendu impatiemment malgré les flots de poussière qu'il soulève, souffle avec fureur pendant quelques jours et rafraîchit momentanément l'atmosphère. En hiver, il pleut et il neige, et la température descend parfois de quelques degrés au-dessous de 0°.

Pendant l'hiver et le printemps, les Tatars cultivent un peu de blé dans l'Apchéron, mais, à partir du mois de mai, toute végétation disparaît, brûlée par l'ardeur du soleil et le manque d'eau. On n'aperçoit plus, de tous côtés, que la terre sèche et de vastes étendues couvertes d'efflorescences salines qui, en hiver, sont des lacs d'eau salée.

Il y a peu d'eau douce dans l'Apchéron : pendant qu'il tombe à Poti, d'après M. Élysée Reclus, 1^{m},760 d'eau et 0^{m},471 à Tiflis, Bakou n'en reçoit que 0^{m},238. On puise l'eau potable dans des puits voûtés construits, dit-on, par Schah-Abbas, où se rassemble le produit de la filtration des eaux saumâtres à travers les bancs de calcaire siliceux compact du pliocène.

Les maisons, construites généralement par des maçons persans, sont bien traitées au point de vue de la taille des pierres qu'on tire du calcaire coquillier aralo-caspien; mais les murs, à beaux parements et très épais, laissent à désirer comme emploi judicieux des matériaux : les parpaings y sont rares. En général, on emploie peu de fer dans la construction, à l'exception des vieux rails de chemin de fer. Le fer

double T y est à peu près inconnu. Les planchers se font en troncs de sapin à peine équarris. Les toits des maisons européennes sont recouverts de tôles de fer[1] peintes en vert ou en rouge. Les maisons des indigènes, construites en terrasse, sont recouvertes de kir.

Le naphte se trouve en si grande quantité dans l'Apchéron que sa production n'est, nous le répétons, limitée que par la demande. Quand une fontaine jaillissante qu'on n'a pu modérer jette chaque jour, pendant un temps qui peut aller jusqu'à plusieurs semaines, quelques centaines de tonnes de naphte qui s'écoule dans toutes les dépressions du sol environnant, on le vend alors à vil prix : 1/4 de copek le poud (environ 0 fr. 40 la tonne). En temps ordinaire, le naphte se vend en moyenne 5 copeks le poud (environ 7 fr. 60 la tonne). La maison Nobel avait traité, pour son approvisionnement de 1884, à raison de 3 francs la tonne de naphte pour une livraison de 600 000 tonnes.

Jusqu'en 1873, l'État exploitait en régie, ou bien affermait à des particuliers, et d'ordinaire pour une période de quatre années, l'exploitation des sources de Balakhany, ce qui constituait un monopole. Le naphte valait alors 0 r. 45 le poud (environ 70 francs la tonne). A cette époque, le gouvernement fit vendre aux enchères les terres appartenant à la couronne, et qui furent divisées en 17 lots de chacun 10 déciatines[2] (près de 11 hectares); quelques lots, très disputés parce qu'ils présentaient des affleurements de naphte et qu'on les croyait, à tort, plus riches que les autres, dépassèrent le prix de 2 millions de francs. Depuis, l'État n'a plus vendu de terrains naphtalifères mais il en a distribué un certain nombre de lots à des généraux qui se sont signalés pendant les guerres du Caucase, et il a donné des concessions : à tout inventeur d'une mine; qui en faisait la demande, il accordait 10 déciatines, à charge par lui d'y exécuter des travaux de recherche dans un délai maximum de deux années, et de payer annuellement une redevance dont le taux, fixé en 1873 à 10 r. par an et par déciatine, peut varier pour chaque période de douze an-

1. En 1882, avant l'ouverture du chemin de fer Tiflis-Bakou, voici quels étaient, à Bakou, les prix des tôles venant par le Volga :

Tôle anglaise	3r,80 le poud ou	58 fr. 85 les 100 kilogrammes
de Westphalie	3r,50 —	54 fr. 20 —
russe	4r,20 —	65 fr. 05 —

(le rouble à 2 fr. 50 à cette époque).

2. La déciatine vaut 1hect,0920.

nées bien que, par exception, on ne doive pas modifier ce taux avant 1896. Dans ces conditions, le contrat est indéfiniment renouvelable. Aux termes de la loi, on ne peut obtenir sous le même nom et dans le même district, plus de 10 déciatines à la fois.

Excursions dans l'Apchéron et sur le littoral de la Caspienne.

Les îles qui avoisinent la presqu'île de l'Apchéron sont d'origine volcanique. Dans la rade de Bakou, existent des sorties de naphte importantes, signalées par les irisations qu'elles produisent à la surface de la mer, et par des bouillonnements violents de gaz inflammable dont le principal a lieu près de la côte, en face de Beïbat; si, par un temps calme, on jette en ce point une étoupe enflammée à la surface de l'eau, il se produit immédiatement une nappe de feu, qui brûle tant que le vent ne devient pas assez violent pour l'éteindre.

Balakhany. — C'est au pied du volcan Bog-boga qu'a commencé l'exploitation industrielle du naphte dans l'Apchéron. Depuis une dizaine d'années, on exploite aussi la région située à l'est, nommée Sabountchy, qui s'étend jusqu'au lac de ce nom et se compose de deux parties : chaïtan-bazar (marché du diable) et zolotoï-bazar (marché d'or), toutes deux très riches.

Les chevalements des puits, hauts de 15 mètres environ, sont très rapprochés les uns des autres sur certaines concessions particulièrement réputées pour leur richesse. De tous les puits d'une même concession, part d'ordinaire un caniveau en bois conduisant le naphte dans un réservoir souterrain en maçonnerie d'où des pompes le reprennent et le refoulent, par des conduites en fer de 2 à 5 pouces de diamètre, soit aux distilleries de la ville noire, soit aux appontements du port de Bakou. Ces conduites en fer sont simplement posées sur le sol dont elles suivent toutes les sinuosités, disposition qui ne présente pas d'inconvénient résultant du passage des voitures; car, à part les *phaëtones*, voitures de place du pays, on ne rencontre que des *arbas*, charrettes tatares à claire-voie, très légères, à grandes roues, et dans la construction desquelles il n'entre que du bois, voire même l'essieu; leur approche s'annonce par un grincement formidable.

EXPLOITATION DE SABOUNTCHY (Zolotoï Bazar), presqu'île de l'Apchéron.

Le sol de Balakhany est bouleversé : ce ne sont de tous côtés, qu'excavations ayant servi de réservoirs naturels pour le naphte, monticules de sable jeté par les fontaines, flaques de naphte noir ou verdâtre. La couleur noire revêt tous les objets. Une voie ferrée transporte aussi de Balakhany et de Sabountchy le naphte en vrac dans des wagons-citernes, longs cylindres en tôle, posés horizontalement sur châssis, et munis de robinets pour la charge et la vidange. Ils contiennent 10 tonnes de naphte.

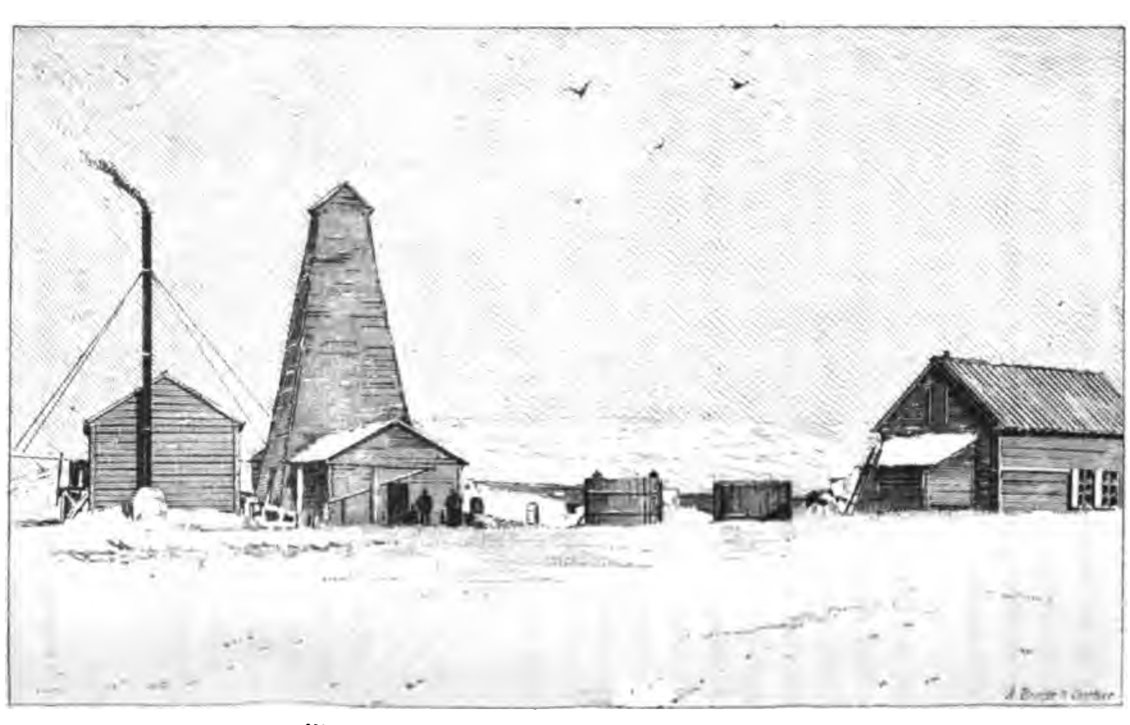
Forages. — Les forages s'exécutent généralement au moyen du système à tige rigide ; le battage au trépan s'effectue à la machine, le travail à bras, beaucoup trop lent, ayant été abandonné partout; on cure à la tarière, mais on emploie quelquefois le procédé plus expéditif de la tige creuse dans laquelle on injecte de l'eau avec pression. Le système de forage à la corde, employé avec succès en Amérique où les assises de terrain sont presque de niveau, réussit rarement dans l'Apchéron, par suite de l'inclinaison des couches qui occasionne la déviation du trépan et, par suite, celle du tubage. Les forages sont tous tubés en fer ; le diamètre intérieur varie en général de 0m20 à 0m40.

Voici quels sont les prix de main-d'œuvre du forage :

Bouravoï-master ou contremaître de forage, par mois, 100 à 120 r.	(250 à 300 fr.)
Machiniste, par mois, 100 r..	250 fr. »
Chauffeur, par mois, 30 r..	75 »
1er ouvrier tatar (chef d'équipe), par mois, 18 r. . . .	45 »
Manœuvres tatars, par mois, 15 r	37 fr. 50
Manœuvres terrassiers, à la journée, 0 r. 50 à 0 r. 60.	1 fr. 25 à 1 50
Ouvrier charpentier, à la journée, 1 r. 40 à 2 r. . . .	3 fr. 50 à 5 fr.

(Rouble à 2 fr. 50).

Mode d'exploitation. — Au moment où se termine un forage, il se produit parfois une fontaine : c'est-à-dire que le naphte jaillit sous la pression des gaz intérieurs et coule pendant un certain temps, soit d'une façon continue, soit par intermittences. La pression est continuellement variable et peut s'élever jusqu'à 8 ou 10 atmosphères, comme on l'a vérifié, parfois même jusqu'à 20 atmosphères et, dans ce



INSTALLATION D'UN FORAGE (Littoral de la Caspienne).

dernier cas, la violence du jet est telle qu'on ne peut le maîtriser, et qu'une grande quantité de naphte se trouve perdue.

Le plus ordinairement, on peut régulariser la fontaine par l'emploi d'un obturateur, composé d'un coude en fonte dont on coiffe le premier tube, et qui s'ouvre ou se ferme par un tiroir qu'on manœuvre au moyen d'une vis. Un robinet adapté sur le tuyau permet la sortie des gaz en excès. Quand on exécute un sondage dans une localité où on peut s'attendre à obtenir une fontaine, on donne au puits carré une profondeur de 8 à 10 mètres, et on entoure le tube initial d'une maçonnerie de pierres et de ciment.

Les fontaines sont très souvent une cause de ruine pour les forages : la grande quantité de sable fin entraîné par le naphte occasionne des affouillements, les couches minces d'argiles et de grès, qui servent de toits aux bancs de sable se brisent et parfois le tuyau se rompt. Si celui-ci résiste, il arrive souvent aussi, quand la profondeur atteint 150 à 200 mètres, que la pression du gaz devient insuffisante pour chasser la colonne de sable entraîné par le naphte, qui s'accumule dans le tubage et finit par le boucher complètement pendant un arrêt de la fontaine; il faut alors enlever le sable au trépan et à la tarière.

Lorsque le naphte, en l'absence de fontaine, prend son niveau dans le tube, on l'exploite quelquefois au moyen de pompes, mais le plus ordinairement au moyen d'un long cylindre en tôle nommé *jelonka*, fermé à sa partie inférieure par un clapet à tige saillante, s'ouvrant du dehors au dedans. Ce seau contient de 120 à 160 kilogrammes de liquide ; on le manœuvre au moyen d'un câble enroulé sur un tambour qui reçoit son mouvement d'une machine.

C'est dans un des lots de la société des naphtes de Bakou que se trouve le fameux puits nommé Carmelitza (la nourrice) qui, pendant cinq ans, a donné journellement 10 000 pouds (environ 164 t.), et qui donne encore 4 à 5 000 pouds (65 à 80 t.) par vingt-quatre heures.

Exemples de fontaines. — Un puits appartenant à la société Mirzoef a donné en fontaine 35 000 pouds (575 t.) par jour pendant plusieurs semaines à 50 sagènes[1] (107 m. de profondeur) puis, la fontaine ayant cessé, 13 000 pouds (213 t.), le naphte ayant pris son niveau à 25 sagènes de profondeur.

1. La sagène linéaire = 3 archines = $2^{m},133$.
— quarrée = $4^{mq},5520$.

Pendant le premier voyage que nous avons fait à Bakou, nous avons vu, le 3 juin 1882, commencer une fontaine à Balakhany : la colonne de naphte, de $0^m 40$ de diamètre à la base, s'épanouissait jusqu'à 30 et 40 mètres de hauteur, lançant des morceaux d'argile compacte naphtalifère du poids de 2 à 3 kilogrammes, qui eurent bientôt défoncé le toit du chevalement. Le naphte retombait en pluie fine et répandait une odeur éthérée assez agréable. Le sol tremblait à plus de 100 mètres à la ronde. Cette fontaine était intermittente : elle donnait pendant une demi-heure, s'arrêtait pendant un temps égal et reprenait ensuite. On eut beaucoup de peine à la maîtriser, parce que, dès qu'on fermait exactement le tube, la fondation n'ayant pas été bien faite, le gaz s'échappait tout autour du puits carré, menaçant d'enlever tout le massif; on y arriva cependant. Cette fontaine débitait par jour 29 000 pouds (640 t.), qu'on vendait à raison de 1 1/2 copek le poud (2 fr. 25 la tonne), à deux distilleries de Bakou; le naphte qui s'était échappé et avait formé un lac, fut vendu à 1/2 copek le poud (0 fr. 75 la tonne). Une masse énorme de sable avait été entraînée.

En août 1882, dans un forage exécuté à la corde et appartenant à la société Nobel, il se produisit tout à coup un jet tellement violent, que l'appareil de sondage fut projeté à une grande hauteur, crevant le toit de la vichka (chevalement) ; le trépan s'enfonça profondément dans le sol en retombant.

En 1883, près de Zolotoï-bazar, à moins de 500 mètres de trois fontaines qui ont fourni pendant longtemps avec des profondeurs de 50 à 60 sagènes, un forage poussé à 101 sagènes (217 m.) allait être abandonné sans avoir rencontré une couche naphtalifère exploitable, lorsque le propriétaire se ravisant, se décida à le poursuivre encore, et à 221 mètres obtint une fontaine.

On considère un rendement journalier de 3 000 pouds (49 t.), comme très bon et on n'exploite pas, d'ordinaire, les puits donnant moins de 600 pouds (10 t.) par jour.

Les lots de Balakhany et de Sabountchy se vendent à tant la sagène quarrée, le prix variant selon les localités, ou se louent à raison d'une redevance par poud de naphte extrait, quelquefois avec un minimum fixé, et l'obligation par le preneur de faire un certain nombre de forages dans un temps fixé.

Sourakhany. — Le plateau de Sourakhany, situé à 8 kilomètres au-

nord-est de Bakou était célèbre dans l'antiquité : les Guèbres y avaient construit, près de la plus importante sortie de gaz, le temple fameux des feux éternels ou *ateschjah* (demeure du feu). Le sanctuaire, très peu remarquable au point de vue architectural, est actuellement enclavé dans la distillerie de la société des naphtes de Bakou; faute de prêtres, il avait été délaissé pendant plusieurs années par ses adorateurs, mais de nouveaux desservants, venant de l'Inde, y sont récemment revenus.

L'usine emploie les gaz comme combustible; l'hydrogène carboné s'échappant par les fissures du calcaire aralo-caspien qui recouvre le plateau, est capté au moyen de cloches en tôle et amené dans un tuyau collecteur sur lequel sont faites les prises nécessaires au chauffage des vingt chaudières de distillation de l'établissement. On a observé que le vent du nord augmente la pression du gaz, et que le feu languit, au contraire, quand le vent vient du sud.

On fabrique de la chaux dans les environs en accumulant, d'une façon toute primitive, les fragments de calcaire sur une forte crevasse et mettant le feu au gaz.

Naphte blanc. — Près de Sourakhany existent des puits dont on tire, à des profondeurs variant de 20 à 30 sagènes, de petites quantités de naphte léger, de couleur jaunâtre, pesanteur spécifique 0,760, qui se trouve dans les sables et argiles de la formation aralo-caspienne. On l'a employé pendant quelque temps, sans le distiller, à l'éclairage de Bakou.

Binagady. — A 2 kilomètres de ce village, situé à l'ouest de Balakhany, on a exécuté quelques forages entre les volcans de boue Kaourouki et Kirmakou; l'un de ces forages a donné une fontaine à la profondeur de 75 mètres. Nous avons suivi un sondage exécuté non loin de là, où le naphte commençait à apparaître à la profondeur de 165 mètres, et qu'une fracture du sabot du tube a momentanément interrompu.

Volcan de Kirmakou. — Kirmakou est le plus intéressant des volcans de boue qui accompagnent la vallée de Balakhany. Il est recouvert sur presque toute sa surface et sur une épaisseur de 2 à 3 mètres, de couches alternatives de kir et de sable argileux, provenant de ses éruptions successives. Les Tatars exploitent ce kir, qui vaut sur place 2 copeks le poud (0 fr., 30 à 0 fr., 35 les 100 kilog.).

Entre ce volcan et le village de Balakhany, on exploite aussi, comme combustible, une couche de kir très sec, à 3 ou 4 mètres de profondeur.

Vallée de Yaçamal. — Dans cette vallée, orientée nord-sud et que suit la ligne du chemin de fer de Bakou-Tiflis, on rencontre beaucoup de sorties de naphte, de gaz inflammable et du kir. A Pouta, où elle se termine, on trouve notamment près d'une vallée anticlinale proche du mont Kirguez et du volcan Lok-botane, des sorties de naphte et un dépôt important de kir, ainsi que du soufre natif et du gypse.

Aliate. — En suivant, dans la direction de Tiflis, la voie ferrée qui longe la mer et le massif montagneux, on arrive à Aliate, station de troisième classe, où est décidée la création d'une ville, mais qui, pour le moment, ne possède, à part les bâtiments de la station, qu'un bel appontement où peuvent accoster tous les bateaux de la Caspienne.

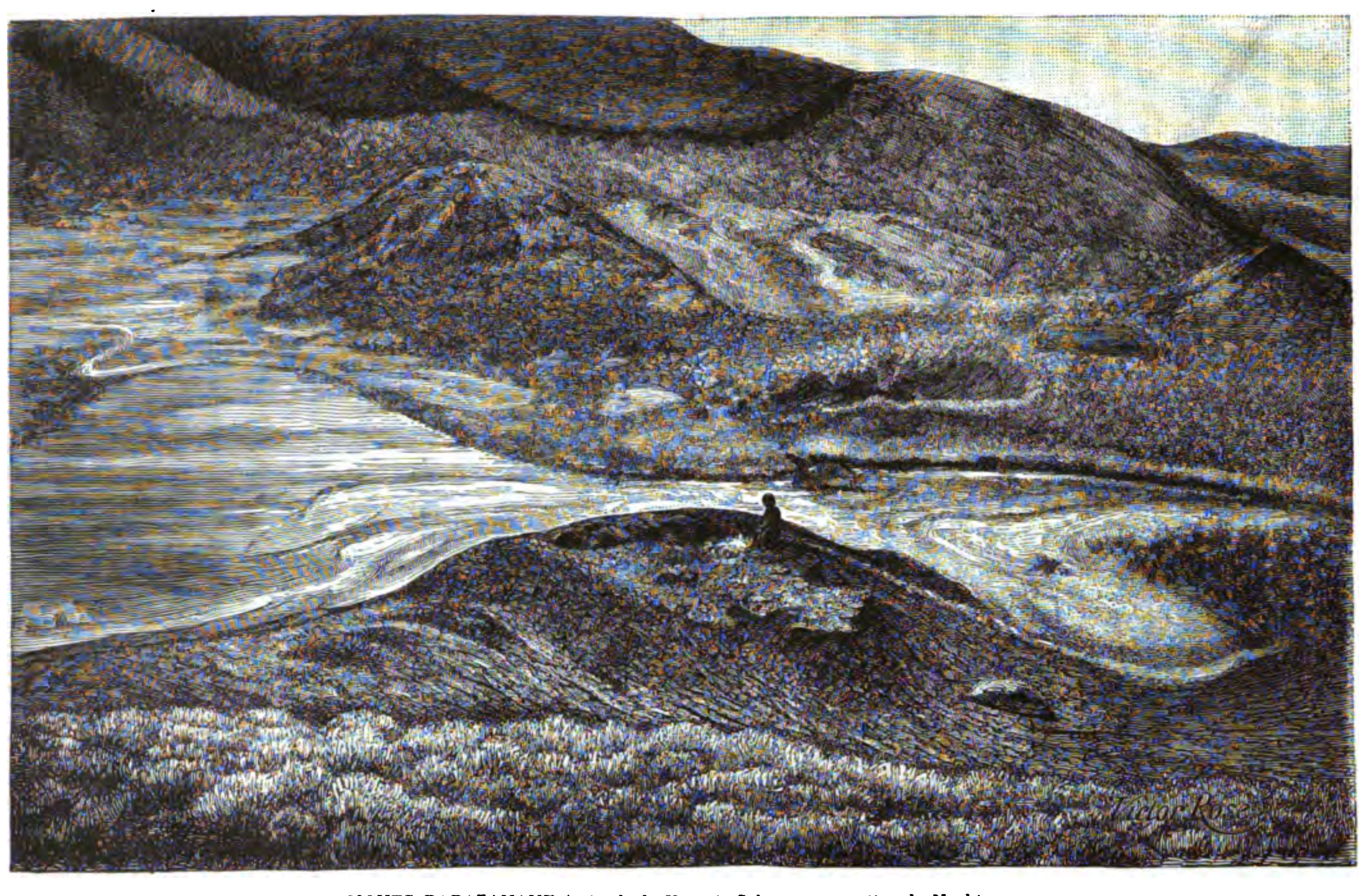
Un peu avant d'arriver à Aliate, se trouve un volcan qui a fait explosion en 1882 et a lancé pendant plusieurs jours de la boue imprégnée de naphte ; il existe quelques salses au bord de la mer.

A 5 kilomètres au sud d'Aliate, on rencontre, autour du mont Gotourdag, plusieurs salses avec sorties de naphte et du kir.

Kurovdag. — Au delà, vers le sud, quittant la voie ferrée qui abandonne la mer et se retourne vers l'est, on arrive au mont Kurovdag, situé près du fleuve Koura. On trouve là, dans une vallée anticlinale, en partie comblée par les déjections de plusieurs volcans de boue, un petit lac de naphte noir, épais, où bouillonne le gaz inflammable. Beaucoup de kir dans les environs.

Babazanane. — En continuant vers le sud, on rencontre, à environ 110 kilomètres de Bakou et 3 kilomètres du bourg de Salyany, situé sur le Koura, le massif de Babazanane, dont l'axe de soulèvement présente la même direction que celui de Kurovdag ; là encore un grand nombre de salses avec naphte noir, pesant de 0 875 à 0 890 et suintant entre les assises de calcaire siliceux compact : gisements de kir. Il s'y trouve une source thermale sulfurée, à la température de 25° C., appelée par les Tatars isti-sou (eau chaude), et renommée parmi eux pour le traitement des douleurs rhumatismales.

Naphtatchala. — Enfin, à 12 kilomètres au sud de l'embouchure de la Koura, on rencontre dans le steppe Moukhan, un grand nombre de



MONTS BABAZANANE (près de la Koura). Salses avec sorties de Naphte.

salses, avec naphte, gaz inflammable et kir. On exploite là, dans de petits puits, creusés par les Tatars, du naphte qu'on rencontre à la profondeur de 5 à 6 mètres et qui renferme à peu près moitié de son volume d'eau. La production est limitée, faute de demandes, car on n'en tire annuellement qu'une centaine de tonnes, qu'on vend aux nomades à raison de 6 francs les 100 kilogrammes. Il est probable qu'un sondage exécuté sur ce point aurait des chances de rencontrer une couche exploitable : la question serait d'installer des moyens de transport jusqu'à la Koura, tout au moins.

On trouve encore du naphte de l'autre côté de la Caspienne, notamment à l'île de Tcheleken, où existe une assez grande quantité d'ozokérite[1]. On assure qu'à environ 80 kilomètres de la côte, dans le pays des Turkmens, se trouve un fort gisement de cette substance dont l'exploitation est impossible jusqu'à ce jour, par suite du manque d'eau douce et de l'insécurité de la contrée.

D'après l'exposé que nous venons de faire, on peut entrevoir à quel degré de prospérité pourrait arriver l'industrie au Caucase, celle du naphte en particulier, si les moyens d'exploitation se trouvaient en rapport avec les richesses de cet admirable pays. Il n'en est malheureusement pas ainsi : le crédit y est peu développé, les moyens de transports sont insuffisants.

A Bakou, par exemple, existent deux banques, dont une appartenant à l'État; elles ne peuvent mettre à la disposition du commerce et de l'industrie qu'un trop faible capital. Dans le commerce, les payements se font par moitié dans le mois qui suit la livraison et par des effets à un an.

L'escompte des effets s'opère à 8 pour 100 au minimum, pour ceux dont la signature présente les meilleures garanties.

MODES DE TRANSPORTS DU NAPHTE

Jusqu'en 1883, époque de l'ouverture du chemin de fer Bakou-Tiflis, le naphte de Bakou, ne pouvait arriver jusqu'à la mer Noire ; le seul débouché, en quelque sorte, était l'intérieur de la

1. Substance résultant, comme le kir, de la décomposition et de la distillation du naphte sous l'influence d'un soleil ardent, et qui se produit quand le naphte contient une notable quantité de paraffine, ce qui est le cas ici.

Russie par la mer Caspienne et le Volga, mais l'exportation de Bakou s'arrêtait pendant quatre mois et demi de l'année, la navigation étant interrompue en hiver sur le Volga par les glaces. On opérait, dans le Caucase même, les transports comme on le fait maintenant dans les localités où ne passe pas encore de chemin de fer : le naphte, contenu dans des outres, est expédié par fourgons ou par chameaux : le transport de Bakou à Tiflis (545 kilomètres) se faisait en une douzaine de jours.

BATEAUX-CITERNES. — Le pétrole est généralement expédié de Bakou à Astrakhan dans des barils en bois d'une contenance de 9 à 20 pouds. Le naphte brut et les *astatkis* (résidus de première distillation), sont chargés en vrac dans des bateaux-citernes, vapeurs ou voiliers, en fer ou en bois, aménagés spécialement pour cet usage.

Les diverses compagnies de navigation : Caucase et Mercure, Lebed, la Droujina, possèdent de ces bateaux ; la société Nobel, au moyen de sa flottille peut transporter elle-même ses produits de Bakou à Tzaritzine, jusqu'à concurrence de 225 000 tonnes par an.

Les navires en fer, qui peuvent porter jusqu'à 1 000 tonnes, ont d'ordinaire un entrepont dans lequel on loge les barils de kéracine, disposition qni permet, si on n'a pas de barils vides à ramener au retour, de rapporter un chargement d'autres marchandises. La cale, où se trouve le naphte en vrac est divisée, par deux cloisons longitudinales, en trois compartiments ; disposition qui a pour but d'assurer la stabilité du navire, quand il est à la bande, en empêchant toute la masse du liquide de se porter sur le même bord. En avant et en arrière, doubles cloisons étanches avec vide entre elles pour isoler du naphte la chambre de la machine à l'arrière et le poste des hommes à l'avant. Le naphte qui pourrait suinter se rassemble dans le vide des doubles cloisons, où on le recueille. On place quelquefois à l'avant et à l'arrière une cuve dans laquelle on charge de la kéracine ou du naphte.

Pour prévenir l'effet de la dilatation du naphte, on n'emplit pas entièrement la soute mais on laisse, entre la surface du liquide et le faux pont, un intervalle de $0^m,10$ environ.

Le faux-pont, qui est en tôle, est traversé par des tubes de ventilation qui l'affleurent en dessous où ils sont ouverts au-dessus du liquide et dont la partie supérieure, fermée par une soupape, débouche au-dessus du pont.

Les bateaux en bois, aménagés à peu près de la même façon, peuvent porter de 4 à 500 tonnes tant en vrac qu'en barils.

Ces navires n'entrent pas dans le Volga ; ils s'arrêtent à la barre d'Astrakhan et on transborde leur chargement sur d'autres bateaux-citernes d'un faible tirant d'eau qui remontent le fleuve et déchargent le naphte aux points où sont établis des réservoirs de reception, notamment à Tzaritzine, tête de ligne de chemin de fer d'où l'on expédie dans l'intérieur de la Russie.

Pour charger les bateaux à Bakou, on les accoste à des appontements auprès desquels sont installés, en contre-haut, des réservoirs en tôle où arrivent le naphte de Balakhany et la kéracine des distilleries de la ville noire, refoulés dans des conduites en fer. En ouvrant un robinet, on charge les soutes du bateau au moyen d'une simple manche en cuir.

Vu le peu de durée du parcours entre Bakou et Astrakhan, on ne prend pas de très minutieuses précautions contre les chances d'incendie à bord ; on se contente d'employer la lampe de mineur quand on a besoin de pénétrer dans l'entrepont pendant la traversée, et de ne pas allumer de feu à bord pendant le chargement. Pendant notre séjour à Bakou, un des plus beaux bateaux en fer de la société Nobel a péri pendant qu'on le chargeait à l'appontement de la ville noire, la kéracine coula, par suite d'un dérangement de la manche en cuir, jusqu'à un fourneau de cuisine allumé sur le pont, s'enflamma et le feu s'étendit immédiatement.

CHEMIN DE FER. — Les producteurs de naphte de Bakou comptaient beaucoup sur l'ouverture de le section de Bakou à Tiflis pour donner à leur industrie son entier développement. Nous devons dire que leur espoir a été décu : le chemin de fer ne peut transporter annuellement plus de 160 à 200 000 tonnes de naphte sans gêner le transit général ; c'est à peine le quart de la quantité qui serait demandée par l'occident et le midi de l'Europe. Ce résultat qui était à prévoir avant l'ouverture de la ligne, tient à plusieurs causes, par exemple :

1° Dans la traversée des monts Souram, entre Tiflis et la mer Noire on trouve, sur une distance de 20 verstes environ, entre les stations de Mikhaïlovo et de Bejatoubane, dont le point culminant est à 930 mètres d'altitude au-dessus de la mer Noire, des pentes et rampes dont l'une atteint 48 millimètres par mètre et qu'on ne peut franchir qu'en cou-

pant le train en tronçons de 10 à 12 wagons remorqués par deux locomotives du système Fairlie de 58 tonnes chacune. On y rencontre aussi beaucoup de courbes de moins de 300 mètres de rayon.

2° Dans cette traversée des montagnes, les interruptions de la circulation sont assez fréquentes en hiver, soit pour cause d'amoncellement de neiges, sinon d'avalanches, soit par suite d'éboulement des talus, taillés un peu raide sur le flanc des montagnes, par suite d'infiltrations d'eau dans les terrains composés de couches alternatives d'argiles et de sables. Nous avons vu la circulation arrêtée pendant plus d'une semaine, en avril 1882, par le fait de deux éboulements survenus simultanément à 11 verstes de distance l'un de l'autre, ce qui empêchait le transbordement dans un train de secours.

3° L'insuffisance du matériel spécial au transport du naphte : wagons-citernes, réservoirs de réception, etc.

L'amélioration des conditions d'exploitation du chemin de fer devant porter tout à la fois sur un changement du tracé ou sur la construction de travaux d'art importants, et sur une augmentation très notable du matériel existant, ne s'obtiendrait pas sans une dépense considérable, que ne compenserait pas l'accroissement de recettes résultant de l'augmentation de la quantité de naphte transportée, d'autant plus que le prix fixé par le cahier des charges, pour le naphte, est de 1/45 de kopek par poud-verste (0 fr.,033 par tonne kilom. ; rouble à 2 fr.,60), chargement et déchargement non compris, ou 0^r,19 par poud de Bakou à Batoum, et que ce prix n'est pas rémunérateur à cause de la nécessité de ramener à vide, de Batoum, les wagons-citernes qui ne peuvent servir au transport d'autres marchandises. On ne peut songer à transporter en barils le naphte brut, car, outre le coulage plus considérable, le transport du baril est à payer en plus, et l'embarillage revient à environ 0^r,38 le poud (6 fr,00 les 100 kilog.).

Quand il s'agit de transporter à grande distance un volume considérable de liquide, il est un moyen plus rapide et plus économique que le chemin de fer. C'est le refoulement par conduite, comme on l'emploie pour l'alimentation d'eau des villes.

PIPE-LINES AMÉRICAINES. — Nous voyons en effet qu'en Amérique on transporte le pétrole, non seulement par railways au moyen de 16 000 wagons-citernes, mais aussi qu'on le refoule à de longues distances par des conduites en fer étiré de 2 à 6 pouces de diamètre intérieur.

En Pensylvanie, les puits sont généralement munis chacun d'un réservoir en bois qui est jaugé et qu'on vide, quand il est plein, au moyen d'une pompe actionnée par une locomobile, dans un grand réservoir central servant d'entrepôt. La locomobile sert à un groupe de puits et se transporte de l'un à l'autre selon le besoin. Des sociétés se sont même constituées qui, très bien outillées en grands réservoirs, pompes et machines, peuvent, au choix du producteur, lui acheter son naphte ou l'emmagasiner moyennant un prix de location. Les naphtes de diverses provenances ainsi mélangés, donnent un produit d'une qualité moyenne.

Les différents groupes de puits sont reliés par des tuyaux à la conduite principale laquelle, quand elle réunit des localités très éloignées, se divise en sections d'une longueur en rapport avec le diamètre du tuyau et le débit à atteindre ; dans les stations intermédiaires, sont installées des pompes de la force voulue pour obtenir ce débit. Sur un terrain sensiblement de niveau, on adopte souvent des distances de 30 à 35 kilomètres ; en pente, on a été jusqu'à 130 kilomètres.

Les tuyaux sont en fer étiré, assemblés au moyen de manchons vissés [1], et sont simplement posés sur le sol dont ils épousent toutes les sinuosités, suivant même le profil transversal des rivières qu'ils franchissent. Au sommet des montagnes, pour la garantir autant que possible du froid, qui augmente beaucoup la résistance au glissement du pétrole le long de la paroi de la conduite, on enterre celle-ci de 2 ou 3 pieds. On obvie à la dilatation ou à la contraction de la ligne de tuyaux, par suite des différences de température entre l'été et l'hiver et entre le jour et la nuit, en la posant en zigzag sur le sol.

Du reste, il ne s'agit pas d'imiter absolument les dispositions adop-

1. On emploie actuellement, presque partout, le joint Allison pour assembler les tuyaux de conduites qui doivent supporter de fortes pressions. L'inventeur ayant remarqué que si l'on soumet à un effort de traction suffisant pour produire la rupture, des tuyaux réunis entre eux au moyen de manchons filetés, la rupture se produit d'ordinaire au premier filet (côté du milieu du tube), par suite de la déchirure profonde que le pas de vis produit transversalement dans les fibres du métal, a eu l'idée de diminuer la profondeur du filet à partir de l'extrémité du tube, tout en maintenant le pas constant, de façon à ce que l'épaisseur du métal soit à peine entamée dans la section dangereuse. Ce travail, exécuté au moyen d'un outillage spécial, assure un contact parfait entre les pas de vis du tube et du manchon.

Dans les parties de conduites qui, en plus de la grande pression intérieure, ont encore à subir une fatigue spéciale résultant, par exemple, des inflexions nécessitées par le profil transversal d'une rivière traversée, on refoule à la presse hydraulique les deux extrémités des tuyaux de façon à ce que chaque bout ayant, en plus du filet, l'épaisseur normale du tube, la section dangereuse soit elle-même renflée et portée à 1 + 3/8 de cette épaisseur ; le filet, comme nous l'avons dit, décroissant de profondeur à partir de l'extrémité du tube.

tées pour le transport du pétrole américain, qui ne conviendraient peut-être pas pour le naphte du Caucase, dont la composition n'est pas la même et qui présente, croyons-nous, une plus grande résistance à l'écoulement dans les tuyaux; mais nous pouvons puiser des indications utiles dans l'examen des conditions de fonctionnement des petites conduites de Bakou qui, ainsi que nous l'avons dit, y amènent le naphte des puits de Balakhany. Voici, pour les principales, les renseignements que nous avons pu, à grand'peine, nous procurer sur place :

Conduites de Bakou. — 1° Conduite Mirzoef. Tuyau principal: longueur 11 kilomètres ; diamètre 4 pouces. Pression en marche, au départ : 400 livres (28 atmosphères) ; débit moyen à l'heure 2 236 pouds (36t,67) ; pesanteur spécifique du naphte 0,868.

2° Conduite Lianosof. Longueur du tuyau principal 10 780 mètres ; diamètre 3 pouces. Pression en marche 650 livres. Pression d'essai des tuyaux 1 800 livres. Débit moyen par heure 1 300 pouds (21t,300), pesanteur spécifique du naphte 0,870.

3° Société des naphtes de Bakou. — Tuyau principal, entre Balakhany et l'usine de Sourakhany, longueur 8 530 mètres, diamètre 3 pouces. Pression d'essai 1 700 livres, de marche 300. Débit moyen par heure 1 000 pouds (16t,400).

4° Conduite Artlitchef. De Sabountchy à la ville noire. Longueur 12 200 mètres; diamètre 3 pouces. Pression d'essai 1 000 livres, de marche 300. Débit moyen à l'heure 725 pouds (11t,900) — pesanteur spécifique du naphte 0.747.

5° Conduite Fédorof. — Longueur du tuyau principal 11 700 mètres ; diamètre 4 pouces. Transmet environ 2 500 pouds (41t) à l'heure.

6° Conduite Nobel. — 2 tuyaux ayant chacun 12 200 mètres de longueur, l'un de 6 pouces, l'autre de 5 pouces de diamètre, allant de Balakhany à la ville noire. — Pression d'essai 1 800 livres. Les deux tuyaux peuvent ensemble débiter 10 000 pouds (164t) à l'heure, pendant l'été, le naphte pesant 0,867. En hiver, le rendement est moindre.

7° Société de Caspi. De Sabountchy à l'embarcadère de la ville noire. Longueur du tuyau principal 12 800 mètres (12 verstes). Diamètre 4 pouces sur 7 verstes et 3 pouces sur 5 verstes. Pression d'essai 1 200 livres. — Rendement inconnu; on nous a dit seulement qu'il

diminue de 1/10 environ pendant l'hiver (2 à 3° C. au-dessus de 0°).

Cherchons maintenant à nous rendre compte des conditions de l'installation d'une conduite, non plus située à Bakou, mais s'étendant sur une distance de 840 verstes (environ 894 kilom.), à travers de vastes solitudes, à des altitudes et par conséquent à des températures diverses. Nous supposerons qu'elle suive le tracé du chemin de fer, bien que, dans les parties en montagnes, on puisse obtenir des raccourcissements notables en abandonnant les lacets de la voie ferrée, tout en restant, autant que possible, à proximité des stations de la ligne.

Admettons qu'il s'agisse de transporter annuellement 50 millions de pouds de naphte de Bakou à la mer Noire, soit même 52 millions 250 000 pouds, en y comprenant le naphte qui sera employé comme combustible pour les machines des stations. (Les 9 pour 100 de 50 000 000 de pouds ou 4 500 000 p., soit 2 250 000 p., *en moyenne*).

$$52\,250\,000 \text{ p.} = 856\,557 \text{ tonnes.}$$

$$\frac{856\,557}{0,867} = 987\,955 \text{ mètres cubes.}$$

le poids spécifique du naphte étant 0,867.

Supposons qu'on emploie une conduite unique de 7″ 1/2 ou $0^{m},19$ de diamètre intérieur, composée de tuyaux en fer étiré assemblés au moyen de manchons filetés, et essayée à la pression de 100 atmosphères.

Débit par 1″, en supposant un fonctionnement de 6 600 heures par an

$$\frac{987\,955}{6\,600 \times 3\,600} = 0^{m^3},04158$$

vitesse par 1″ du liquide dans la conduite

$$\frac{0,04158}{\frac{3,14 \times \overline{0,19}^2}{4}} = 1^{m},467.$$

La pression maxima, qui a lieu dans la conduite au départ de chaque station, ne devra pas dépasser la moitié de la pression d'essai, soit 50 atmosphères, pression qui va en décroissant jusqu'à l'extrémité de la section. On déterminera en conséquence les longueurs des sections, ce qui permettra d'avoir, sinon un seul, du moins un très petit

nombre de types de machines et de pompes de refoulement et une certaine uniformité dans les épaisseurs de tuyaux, d'où un grand avantage au point de vue des pièces de rechange, dans un pays qui n'offre pas beaucoup de ressources pour la facilité des réparations.

Calculons maintenant la longueur l d'une station *moyenne* en faisant abstraction du relief du terrain, si accentué qu'il puisse être : la somme algébrique des pentes et des rampes étant nulle.

La formule générale qui sert à déterminer la charge h, nécessaire pour refouler un liquide dans un tuyau de longueur l est

$$h = \left(1 + \zeta_1 + \zeta \frac{l}{d}\right) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h, étant exprimée en hauteur du liquide transporté, dans le cas présent

$$h = \frac{10^m,33 \times 50}{0,867} = 595^m,70$$

$$v = 1^m,467.$$

ζ_1 est le coefficient de résistance à l'entrée de la conduite (ajutage cylindrique), quantité presque négligeable ici, comparée au terme suivant. $\zeta_1 = 0.505$ pour l'eau, nous adoptons cette valeur.

ζ coefficient de frottement du naphte contre la paroi du tuyau. D'après Darcy, on a pour l'eau :

$$\zeta = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d}$$

pour $d = 0.19$ $\zeta = 0,0226$

Nous n'avons malheureusement pu, à Bakou, avoir à notre disposition une conduite de naphte d'une certaine longueur pour pouvoir arriver à déterminer le coefficient ζ à diverses températures pour un échantillon de naphte donné ; mais si nous introduisons dans la formule générale les éléments fournis plus haut sur les conduites de Bakou, nous en tirons des valeurs de ζ variant de 0,0293 à 0,036 et nous pensons qu'on peut provisoirement adopter $\zeta = 0,030$ pour les lieux situés à la même altitude que Bakou. Quand l'altitude augmente, la résistance au glissement augmentant aussi puisque la température s'abaisse, ζ doit augmenter aussi, et nous admettrons que pour le

point culminant de la conduite (le Souram : altitude 930 m.) $\zeta = 0,040$.
Pour un point d'altitude moyenne nous aurons

$$\zeta = \frac{0,03 + 0,04}{2} = 0,035$$

la formule devient

$$595^{m},70 = \left(1 + 0,505 + 0,035 \times \frac{l}{0,19}\right) \times \frac{\overline{1\,467}^2}{2 \times 9,8088},$$

d'où on tire $l = 34\,387$ mètres.
Nombre des sections de la ligne

$$\frac{894\,000}{34\,387} = 26\,;$$

force de la machine pour une station, en supposant un rendement de 80 pour 100 :

$$\frac{0,04158 \times 867 \times 595,70}{75 \times 0,8} = 358 \text{ chevaux}$$

Épaisseur des tuyaux. — Théoriquement, l'épaisseur des tuyaux devrait, comme la pression, décroître sur toute la longueur d'une section, mais la nécessité pratique d'assurer un bon joint, oblige à une épaisseur minima dans la partie filetée et qui ne doit pas être au-dessous de 6 millimètres pour les tuyaux que nous devons employer.

Voyons quelle épaisseur doivent avoir les tuyaux pour résister à la pression maxima.

La formule de Lamé donne pour l'épaisseur des tuyaux soumis à une forte pression intérieure :

$$e = \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{R + p}{R - p}} - 1\right)$$

D diamètre du tuyau, en millimètres $= 190$.

R maximum de tension de la matière dans l'épaisseur du tuyau. Nous prenons $R = 6^{kg}$ par mmq.

p pression intérieure par *mmq* $= \dfrac{50 \times 1^{kg},033}{100} = 0^{kg},517$.

On trouve $e = 8^{m}/_{m},55$.

Cherchons maintenant à quelle pression peut résister le tuyau ayant l'épaisseur minima de 6 millimètres, quand

$$R = 6^{kg} \qquad d = 190^{m}/_{m} \qquad e = 6^{m}/_{m}$$

nous trouvons en employant la formule précédente

$$p = 0{,}366, \quad \text{qui correspond à} \quad 36^{atm}.6.$$

D'où, la longueur de la partie de la section dans laquelle on pourra employer des tuyaux de 6 millimètres d'épaisseur,

$$\frac{34\,387 \times 36{,}6}{50} = 25\,171 \text{ mètres;}$$

le restant de la section, soit

$$34\,387 - 25\,171 = 9\,216 \text{ mètres,}$$

sera en tuyaux de 8 millimètres et demi d'épaisseur.

Tout en tenant compte, dans le choix de l'emplacement des stations de la condition de ne pas trop s'écarter des rivières ou des sources pouvant donner l'eau nécessaire à l'alimentation des chaudières, on se placera aussi près que possible des stations du chemin de fer, ce qui permettra d'assurer le service des transports.

La conduite devra être munie d'une ligne télégraphique spéciale, ce qui permet d'obtenir un fonctionnement régulier : chaque station pouvant signaler à la station voisine d'amont tous les incidents devant donner lieu à un changement d'allure de ses pompes.

Nous avons largement tenu compte des aléas de l'exploitation en supposant dans le calcul que la conduite débitera en 6 600 heures (ou 300 jours de 22 heures chacun) les 850 000 tonnes de naphte à transporter annuellement de Bakou à la mer Noire. Il nous semble, de plus, que chaque station devrait encore être munie de deux réservoirs contenant chacun 2 000 mètres cubes de naphte, ce qui permettrait un arrêt de machine de 36 heures sans arrêter la marche de la station d'amont ou, tout au moins un arrêt de 18 heures, si on suppose que chaque station doive avoir toujours un réservoir plein et un vide pour pouvoir remédier aux arrêts non simultanés des machines et aux avaries des tuyaux soit d'amont, soit d'aval. En plus, un certain

nombre de réservoirs seraient disposés en amont et en aval des points où des arrêts plus importants seraient à craindre.

Nous pensons que l'installation de la conduite transcaucasienne répond à un besoin urgent, et qu'elle se fera. Ce travail ne présente, du reste, pas de réelles difficultés d'exécution et nous ne voyons pas pourquoi ce qui a réussi en Amérique n'obtiendrait pas un succès égal au Caucase. Nous avons parlé d'une conduite unique dont l'emploi paraît, au premier abord, plus rationnel que celui d'une conduite double donnant le même débit. Au point de vue théorique, son périmètre étant moindre à section égale, il en résulte une moindre résistance au mouvement du liquide et, par suite, une forte motrice moindre pour le refoulement ; mais certaines considérations d'ordre absolument pratique doivent conduire à l'adoption d'une conduite double :

1° La fabrication des tuyaux de $0^m,19$, devant supporter une pression de 100 atmosphères, n'est pas courante, comme celle des tuyaux de 5 et 6 pouces, usités en Amérique, d'où une plus-value de prix qui dépasserait très notablement l'économie réalisée sur le poids du métal.

2° A poids égal, plus difficiles à manier dans les réparations nécessitant un démontage des manchons, les tuyaux de $0^m,19$ seront plus courts que ceux d'un diamètre moindre, d'où un plus grand nombre de joints plus difficiles à bien serrer et proportionnellement, peut-être, une plus grande perte de liquide avec la conduite unique qu'avec la conduite double.

3° Enfin chacune des deux conduites accouplées pourrait avoir ses machines indépendantes, absolument semblables dans chaque station, mêmes pièces de rechange, par conséquent elles ne seraient jamais arrêtées simultanément par le fait des machines. Il sera possible de construire d'abord une des conduites, qui suffira probablement pendant un an ou deux aux besoins du commerce ; cela permettrait de marcher plus tôt qu'avec le tuyau de $0^m,19$, plus long à exécuter, tout en se ménageant un plus long délai pour l'exécution du travail total.

Nous pensons que Batoum port profond, bien abrité et qu'on agrandit en ce moment, doit-être choisi comme tête de ligne de la conduite, malgré sa plus grande distance de Bakou, de préférence à Poti, port d'un accès difficile, qui n'offre pas de sécurité aux navires et situé dans une localité insalubre, au milieu de marais produits par les inondations du Riou.

La conduite transcaucasienne est à l'ordre du jour en Russie et, tout récemment, M. le professeur Mendeleïef affirmait dans une séance de la société technologique qui a nommé une commission chargée d'étudier cette question, que le prix de transport du naphte par conduite ne dépassera par 0r,12 le poud (19 fr. la tonne, rouble à 2 fr.,60), et nous avons vu que le transport par chemin de fer coûte 30 francs la tonne. Nous sommes de l'avis du savant chimiste et nous croyons même que le prix de 12 copeks est un maximum.

Les adversaires du projet de conduite, au premier rang desquels se trouvent naturellement les distillateurs établis à Bakou, font grand bruit de l'intention prêtée au gouvernement russe de frapper d'un impôt l'exportation du naphte et prétendent que ce droit de sortie enlèvera à la kéracine la possibilité de lutter avec avantage contre le pétrole américain. Il est possible que cet impôt, dont on parle du reste depuis quelques années, soit établi un jour et il nous paraîtrait assez naturel que l'État employât ce moyen de favoriser le développement de l'industrie au Caucase en poussant à la construction de distilleries de naphte, de fabriques d'acide sulfurique et de soude, sur le littoral de la mer Noire; mais nous ne voyons pas pourquoi cette éventualité est invoquée contre l'établissement de la conduite, les produits dérivés du naphte n'étant pas eux-mêmes frappés d'un droit de sortie.

Kéracine. — L'huile lampante n'est pas le plus intéressant de ces divers produits dont nous allons dire quelques mots, car le naphte de Bakou n'en renferme que 29 à 30 pour 100, quand le pétrole américain en contient en moyenne 70 pour 100. Au reste, les 852 000 tonnes de naphte que nous supposons devoir arriver par an à Batoum, produiraient environ 256 000 tonnes de kéracine raffinée et, en consultant le tableau que nous avons donné des exportations de Bakou pour l'année 1884, on peut voir que la consommation du centre et du nord de la Russie, a absorbé 288 000 tonnes de kéracine expédiées par le Volga. On peut donc admettre que les 256 000 tonnes qui sortiraient de Batoum seraient consommées sur le littoral de la mer Noire, et n'arriveraient même pas à Constantinople : la Russie méridionale où la kéracine est protégée contre le pétrole d'Amérique par un droit de 5 francs environ par 100 kilogrammes, présenterait à elle seule un débouché assuré, et il resterait une marge pour l'augmentation, qui est à prévoir, de la quantité de naphte à amener par la conduite.

Huiles solaires. — On tire en Russie un très bon parti des huiles solaires en les mélangeant dans une certaine proportion, avec la kéracine. On obtient ainsi un produit d'une pesanteur spécifique de 0,870 à 0,880, s'enflammant à 120° C., nommé *pyronaphte*, qui brûle avec une belle lumière dans des lampes spéciales d'une construction très simple et qui présente sur le pétrole cet énorme avantage d'être absolument sans danger : une lampe allumée qu'on laisse tomber sur un parquet se brisera sans que le pyronaphte qu'elle contient s'enflamme et communique le feu à l'appartement.

Résidus de première distillation. — Enfin ce qui doit faire désirer que le naphte de Bakou puisse arriver en abondance dans la mer Noire, c'est la grande quantité d'huiles lourdes que contiennent les résidus de la première distillation et qui, jusqu'à ces dernières années étaient, comme la benzine, gaspillés à Bakou faute d'emploi. En 1883, MM. Nobel et Cie brûlaient chaque semaine plusieurs milliers de pouds de benzine dont ils ne savaient que faire et qu'on ne voulait pas vendre aux petits fabricants Tatars de la ville noire, lesquels, distillant au tiers de la masse du naphte, et obtenant ainsi une kéracine trop lourde, la ramenaient à la densité normale en y introduisant une certaine quantité de benzine, au grand danger des consommateurs. Quant aux résidus de la première distillation (astatkis), les Tatars les jetaient tout simplement ; les grandes distilleries en brûlaient ou en exportaient une partie, en tiraient quelques huiles à graisser, et l'excédent s'écoulait autour de l'usine et formait des lacs.

Oléonaphtes. — Depuis deux ou trois ans, on fabrique à Bakou beaucoup d'huiles à graisser pour les machines. La densité de ces huiles, dont on retire environ 40 pour 100 des astatkis, varie de 0,892 (huile de broches), jusqu'à 0,920 environ. Meilleur marché que les huiles végétales et animales, étant neutres, ne s'oxydant pas à l'air, ne séchant pas, ne se congelant pas à — 24° C., quand elles ne contiennent pas de paraffine (ce qui est le cas des huiles de Bakou), elles sont, depuis quelques années, assez connues en Europe pour que nous n'ayons pas besoin d'en parler plus longtemps.

Emploi des résidus au chauffage. — Dès 1865, M. Sainte-Claire Deville essayait, par l'emploi des huiles minérales lourdes au chauffage des bateaux à vapeur et des locomotives, à utiliser leur puissance calo-

rifique qui n'est théoriquement que de 50 pour 100 plus élevée que celle de la bonne houille quoique, en réalité, par suite de la combustion incomplète des gaz de la houille dans les foyers, la différence soit de 70 pour 100. M. Thomas Urquhart, ingénieur de la traction du chemin de fer Griaz-Tzaritzine, a trouvé, par des expériences suivies faites sur des locomotives, que la puissance de vaporisation pratique du naphte est de 63 à 75 pour 100 supérieure à celle de l'anthracite.

Tous les bateaux à vapeur de la mer Caspienne et du Volga, les chaudières des usines de Bakou, sont chauffés au moyen des astatkis; le naphte, placé dans un réservoir supérieur, sur le massif de la chaudière s'il est nécessaire de le réchauffer pour diminuer sa viscosité, arrive par un tuyau muni d'un robinet dans un tube horizontal cloisonné en fonte (*forsunk* ou pulvérisateur), et s'écoule par un orifice; un autre tuyau, muni aussi d'un robinet, prend la vapeur sur la chaudière et l'amène dans l'appareil d'où elle s'échappe par un orifice mince placé sous le premier, de façon à ce que le jet de vapeur projette le naphte en le divisant et le mette en contact, aussi intime que possible, avec l'air aspiré. On règle la longueur du jet de flamme en manœuvrant les robinets des tuyaux de naphte et de vapeur.

Ce mode de chauffage présente un grand nombre d'avantages pour la navigation: plus grande facilité de chargement dans les soutes; pas de vides et moindre cube d'arrimage d'où, plus grande place laissée au fret dans les navires marchands et, si on l'applique à la marine de guerre, plus long temps de marche sans nécessité de s'arrêter pour approvisionnement de combustible; pas de crainte d'incendie par suite d'échauffement de la masse du combustible embarqué, comme il arrive avec la houille; alimentation des foyers facile à régler; pas de cendres ni de scories; pas de piquage de feux, de décrassage de foyers, moins de personnel nécessaire et travail des chauffeurs moins pénible, avantage appréciable surtout pour les bateaux qui naviguent dans les pays chauds; presque moitié moins de temps pour monter en pression avec le naphte qu'avec la houille; en cas d'extinction des feux par un paquet de mer tombant dans la chaufferie, rallumage immédiat; extinction immédiate aussi en cas de nécessité.

Nous croyons inutile d'insister sur ce sujet.

L'introduction des résidus de naphte dans une chaudière à vapeur empêche les entraînements d'eau et, jusqu'à un certain point, l'adhérence des dépôts qui ne sont pas très incrustants.

Enfin, nous ne parlerons que pour mémoire des autres produits qu'on peut tirer des astatkis.

VASELINE, HUILES ANTHRACÉNIQUES. — La vaseline, très employée en pharmacie et que sa propriété de ne pas rancir à l'air fait généralement préférer à l'axonge, et les huiles anthracéniques dont on peut tirer des matières colorantes.

Nous le répéterons une fois de plus en terminant : il y a beaucoup à faire au Caucase dès à présent. L'Europe, dans la plénitude de son développement physique et intellectuel, est prise à son tour du besoin d'expansion qui poussa jadis les peuples de l'Asie aux migrations vers l'Ouest du vieux continent. De nos jours, et malgré les débouchés que leur présentent l'Amérique et l'Afrique encore peu connues, les populations européennes, trop serrées, tendent à refluer vers l'Orient qui fut leur berceau.

Les Russes, qui sont les pionniers de ce mouvement vers l'Est, s'avancent peu à peu ; la voie ferrée les suit dans l'immensité des steppes arides. Ils drainent les hordes nomades et barbares et les initient à la vie civilisée et au bien-être qu'elle procure.

L'étude commerciale et industrielle de l'Orient s'impose ; les Français, ingénieurs et négociants, ont un beau rôle à jouer dans le développement pacifique des nouvelles contrées appelées à bénéficier des bienfaits du progrès ; ils feront honneur au génie civilisateur de la France, tout en y trouvant pour eux-mêmes un grand profit.

CHRONIQUE

Sommaire. — Phare électrique transportable. — Tiroirs équilibrés pour locomotives. — Forces motrices hydrauliques pour le percement des grands tunnels. — Les grands navires à vapeur. — Production des fers et aciers en Allemagne. — Résistance au feu des colonnes en fonte.

Phare électrique transportable. — Nous trouvons dans le *Bulletin mensuel de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, une notice sur un ingénieux appareil qui paraît susceptible de rendre des services dans certaines circonstances.

M. Beduwé, constructeur à Liège, a pensé qu'il y aurait utilité pour les villes importantes à avoir à leur disposition un phare mobile transportable permettant de produire de la lumière électrique à n'importe quel endroit et dans un temps très court. Il n'est pas douteux qu'un appareil de ce genre pourrait rendre des services, soit dans les travaux, soit dans diverses circonstances locales telles qu'accidents, grandes réunions sur des places publiques, fêtes, etc.

L'appareil de M. Beduwé se compose essentiellement de :

1° Un phare constitué par une série de tubes en cuivre s'emboîtant les uns dans les autres, comme ceux d'un télescope, le tube du centre fermé à sa partie supérieure portant le foyer lumineux.

2° Une machine à vapeur à trois cylindres actionnant soit une machine Gramme qui produit l'électricité nécessaire à la lampe, soit une pompe aspirante et foulante.

3° Une chaudière verticale du système tubulaire.

4° Un réservoir d'eau contenant 500 litres.

Le tout est monté sur un train à quatre roues et à ressorts.

Le tube inférieur du phare est en communication directe avec la pompe par deux tuyaux, l'un d'aspiration, l'autre de refoulement, cette communication pouvant être interrompue au moyen de deux robinets à trois voies. Une soupape de sûreté assure une pression maxima dans la lunette; la décharge de cette soupape retourne dans le réservoir.

Un volant permet de diriger la lumière dans tous les sens en faisant tourner la lunette.

Une bobine sert à enrouler le fil conducteur de l'électricité lorsqu'on descend le phare. Le tube supérieur est muni d'un collier auquel s'attachent

quatre câbles dont les extrémités peuvent se fixer aux roues ou à des piquets que l'on enfonce en terre.

La machine motrice attaque à l'aide de trois bielles l'arbre coudé.

La pompe est verticale, à un cylindre à double effet; sa marche est commandée par un engrenage dont une des roues dentées est fixée sur l'arbre coudé et l'autre sur un arbre tournant dans des crapaudines fixées sous les longerons; cette seconde roue est munie d'un embrayage qui permet d'arrêter instantanément la marche de la pompe.

L'aspiration peut se faire directement dans un puits ou un cours d'eau, ou dans un réservoir, ou encore dans la lunette par l'intermédiaire du premier robinet à trois voies.

Le refoulement peut se faire, soit dans le réservoir, soit dans la lunette par l'intermédiaire du second robinet à trois voies.

La machine Gramme est placée entre la lunette et le cylindre à vapeur; sa marche est commandée par des engrenages dont les grandes roues sont fixées de part et d'autre sur l'arbre coudé et servent en même temps de volants à la machine dont elles régularisent la marche.

La vitesse de la machine est de 250 tours à la minute; le rapport des roues dentées étant de un à quatre, la machine Gramme fera 1000 tours par minute. La prise de vapeur est munie d'un régulateur de pression destiné à régulariser la marche du moteur et, par là, celle de la pompe et de la machine Gramme. Toutes les pièces du mouvement de la machine à vapeur sont en acier; les crapaudines, cadres, supports des cylindres, etc., sont en bronze.

La chaudière est timbrée à 10 atmosphères et peut, paraît-il, produire une pression de 4 à 5 atmosphères en 10 à 12 minutes de temps. Le tirage est activé par un souffleur spécial ou bien par la décharge de la machine motrice qui se fait dans la cheminée. Les appareils d'alimentation sont au nombre de deux : 1° une pompe alimentaire à main qui peut aspirer soit dans le réservoir soit directement dans un seau ; 2° une pompe alimentaire mue par la machine et aspirant dans le réservoir. Ces deux pompes peuvent refouler leur eau à la fois dans la chaudière et dans la lunette; l'eau introduite ainsi dans la lunette doit compenser les fuites d'eau qui pourraient se produire par les bourrages, pendant que l'appareil fonctionne.

La chaudière est munie de tous les appareils accessoires ordinaires, plus une prise de vapeur servant à garantir la lunette et le réservoir contre la gelée. Comme il a été dit déjà, le réservoir est muni d'une prise d'eau allant à la pompe principale, d'une entrée d'eau venant de celle-ci et de deux prises d'eau pour les appareils d'alimentation. Sur le réservoir est placé un siège pour deux hommes; sous ce siège on trouve le coffre à outils et, sous l'avant-train, un bac à charbon que l'on peut enlever facilement pour le mettre auprès du chauffeur. Celui-ci se place, lorsque l'appareil roule, sur le marche-pied à l'arrière de la locomobile.

L'appareil étant ainsi complètement décrit, voyons comment on procède à sa mise en marche.

La machine motrice étant prête à fonctionner, il faut remplir d'eau le réservoir à l'aide de la pompe; le chapeau à vis de l'orifice d'expiration étant enlevé, on adapte à sa place un tuyau d'aspiration qui prendra l'eau d'un puits ou d'un cours d'eau, après avoir eu soin d'intercepter à l'aide du premier robinet à trois voies toute communication entre le tuyau d'aspiration de la pompe et celui de la lunette ou du réservoir, on tourne le second robinet à trois voies de manière qu'il y ait communication entre le refoulement de la pompe et le réservoir seulement, puis on pompe. Aussitôt le réservoir rempli, on enlève le tuyau d'aspiration et on replace le chapeau à vis.

Pour faire monter le phare, on tourne le premier robinet de telle sorte qu'il y ait communication entre le réservoir et l'aspiration de la pompe et le second robinet de manière qu'il y ait communication entre le refoulement de la pompe et la lunette. On arrêtera la lumière à telle hauteur que l'on voudra en arrêtant la pompe, c'est-à-dire en débrayant la roue dentée qui en commande la marche. Pour faire descendre la lumière, on tournera le premier robinet à trois voies de façon à établir la communication entre la lunette et l'aspiration de la pompe, puis on tournera le second robinet de façon à relier le réservoir au refoulement de la pompe. L'eau sera ainsi aspirée de la lunette et refoulée dans le réservoir; la lunette descendra et on pourra de nouveau arrêter la lumière en un point quelconque en arrêtant la marche de la pompe,

Si, toutefois, pendant la marche de l'appareil on veut ne faire descendre la lumière que lentement ou de quelques mètres seulement, il ne sera pas nécessaire d'avoir recours pour cela à la pompe. Il suffira de tourner l'un des robinets de manière à n'établir de communication qu'entre la lunette et le réservoir, la pression exercée par la lunette elle même et la colonne d'eau qu'elle renferme chassera lentement cette eau dans le réservoir et le phare descendra.

La machine Gramme pourrait être remplacée par un accumulateur: dans ce cas la chaudière avec tous ses accessoires ainsi que la machine motrice seraient supprimées et la pompe à vapeur remplacée par une pompe à main. La surveillance et la mise en œuvre du phare mobile pourraient, dans les villes, être placées dans les attributions du corps des sapeurs-pompiers.

Le prix de la machine toute complète est de 20 000 francs.

Nous ne savons si cet appareil a été exécuté, bien qu'on puisse le supposer d'après les termes de la note que nous venons de reproduire.

Tiroirs équilibrés pour locomotives. — La question de l'emploi des tiroirs équilibrés dans les locomotives semble être un peu négligée depuis assez longtemps en Europe, bien qu'il s'y soit fait de temps en temps quelques essais timides. Il ne paraît pas en être de même aux États-Unis. Une réunion récente du Western Railway Club, tenue à Chicago, s'est occupée de cette question et nous trouvons dans un compte rendu pu-

blié par le *Railroad Gazette* quelques renseignements dignes d'intérêt.

M. A. S. Cooke ouvre la discussion en constatant que la question ne semble pas attirer l'attention qu'elle mérite. Il emploie depuis deux ans avec d'excellents résultats une paire de tiroirs équilibrés Richardson. Ces tiroirs coûtent 450 francs la paire, mais, comme ils permettent à la machine de traîner trois ou quatre wagons de plus, la dépense est couverte en une journée et le bénéfice ultérieur demeure net.

M. Richardson dit qu'on apprécie généralement d'une manière erronée la dépense de l'installation des tiroirs équilibrés de son système. Ces tiroirs sont confectionnés avec le plus grand soin et avec des matières de qualité exceptionnelle; ils sont en outre accompagnés de soupapes de rentrée d'air, qui fonctionnent lorsqu'on marche le régulateur fermé; ces soupapes à elles seules coûtent déjà 50 francs.

On peut citer un cas où, la machine traînant habituellement 18 wagons sur un profil comportant une rampe assez longue, l'adoption des nouveaux tiroirs a permis de mettre un wagon de plus au train. Ces tiroirs sont actuellement en usage sur *plus de trois mille locomotives* aux États-Unis et certaines de ces machines ont pu accomplir un parcours de 240 000 kilomètres sans aucune réparation; il n'y a jamais eu de plaintes sur le fonctionnement de ces tiroirs. En réponse à diverses questions, M. Richardson ajoute qu'avec des lumières de $0^m,40$ à $0^m,425$ sur 31 millimètres, il y a environ 576 centimètres carrés de surface portante, la pression moyenne de la vapeur étant de 7 kilogrammes. Sur la ligne du Boston and Albany Railroad, on a fait des expériences avec un dynamomètre placé sur la tige du tiroir, on a trouvé qu'il fallait un effort de 147 kilogrammes pour déplacer le tiroir dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire avec la course maxima et le régulateur ouvert en grand, tandis que, dans les mêmes conditions, un tiroir ordinaire exigeait un effort de 950 kilogrammes. Ces expériences sont en cours d'exécution et on les effectue de manière à obtenir le travail dépensé pour la mise en mouvement des tiroirs pendant un temps prolongé.

M. Forsyth décrit un tiroir, assez analogue au précédent, avec des garnitures portant contre le plateau de la boîte à vapeur.

Le *Norfolk and Western Railroad* emploie le tiroir Morse, qui est disposé de cette manière. Le *West Shore* et le *Pennsylvania Railroad* emploient le Richardson. Le point capital de ce dernier système paraît être la disposition spéciale des joints de la garniture dans le sens du mouvement du tiroir, grâce à laquelle chaque pièce de cette garniture est indépendante et peut se prêter séparément à l'usure qui vient à se produire. M. Forsyth fait une description comparative des divers systèmes de tiroirs équilibrés, laquelle serait difficile à rendre compréhensible sans le secours de figures[1].

1. On nous permettra de rappeler que nous avons, dans la séance du 24 janvier 1872, fait une communication sur la compensation des tiroirs de machines à vapeur, dans laquelle sont indiqués les principes de l'équilibration des tiroirs et les principaux systèmes employés jusqu'alors. A. M.

M. Richardson indique les résultats d'une année d'emploi des tiroirs équilibrés sur une machine locomotive, lesquels se sont traduits par une économie de 11 1/2 pour 100 sur le combustible. Depuis neuf ans que ces tiroirs sont en service, on n'a enlevé les plateaux des boîtes à vapeur que trois fois.

M. Stevens dit qu'il a été très incrédule au sujet des avantages des tiroirs équilibrés, mais que des essais faits dans son propre service lui ont fait reconnaître une économie de combustible de 5 pour 100 environ. Il a actuellement quarante machines avec des tiroirs de ce genre, et il est plein de confiance dans le résultat.

M. Richardson fait observer que les essais peu prolongés ne sont pas les plus favorables à ce genre de tiroirs, parce qu'ils ne permettent pas d'apprécier la supériorité de leur maintien en bon état sur celui des tiroirs ordinaires.

M. Cooke a eu en service des tiroirs Richardson pendant dix-huit mois sans avoir démonté les couvercles des boîtes à vapeur. Ordinairement on redresse les tiroirs tous les sept ou huit mois; l'économie de graissage est à elle seule très importante. Il est difficile d'apprécier bien exactement l'économie de combustible et de graissage, parce que les machinistes ne se soucient pas de laisser voir que la machine peut traîner une charge plus forte qu'avant.

M. Johnson, du Chicago, Burlington and Quincy Railroad, dit qu'il ne peut pas encore formuler de conclusions définitives, mais que son impression est décidément favorable. Il emploie surtout les tiroirs équilibrés sur les grosses machines à voyageurs. Auparavant les faces des tiroirs devaient être redressées au bout de quelques mois seulement de service, quelquefois même, on peut dire, au bout de quelques jours. Maintenant on peut faire de 80 à 120 000 kilomètres sans démonter les plateaux des boîtes à vapeur. Le levier de changement de marche se manœuvre avec incomparablement plus de facilité.

Le tiroir équilibré Richardson, dont il est question ici, a été décrit dans le *Railroad Gazette* du 9 mai 1884; c'est un tiroir à canal du système Trick, auquel on donne aux États-Unis le nom d'Allen. Le dos de ce tiroir porte un compensateur rectangulaire formé par quatre barres à section rectangulaire placées dans des rainures de même forme pratiquées dans le dos du tiroir et formant les côtés du compensateur. Les barres frottent contre une plaque rapportée sous le plateau de la boîte à vapeur. L'intérieur du rectangle est soustrait à la pression de la vapeur et communique par un trou avec l'intérieur du tiroir. Les barres segments transversales portent par leurs extrémités contre les deux barres longitudinales qui sont plus longues. Ces garnitures sont pressées contre la plaque de frottement par la vapeur et par de petits ressorts.

Forces motrices hydrauliques pour le percement des grands tunnels. — Notre éminent collègue, M. Daniel Colladon, vient

de publier une note intitulée *Considérations sur les forces motrices hydrauliques aux extrémités du tunnel du Saint-Gothard*, dans laquelle il met en évidence l'insuffisance des forces motrices que l'entreprise du tunnel a eues à sa disposition et la grande gêne qui en est résultée pour les travaux. Cette note contient comme annexe un résumé des études faites au Fréjus, à l'Arlberg et au Simplon, pour connaître à l'avance les volumes disponibles des basses eaux d'hiver. Nous croyons devoir reproduire cet intéressant résumé.

Au Fréjus (tunnel du Mont-Cenis), les travaux de percement ont commencé vers la fin de 1857. Des études hydrauliques avaient déjà été faites dès 1849 par M. Maus, auteur des projets. Il avait constaté pour l'Arc, côté nord du tunnel, pendant le mois d'octobre 1849, un volume de 13 mètres cubes pouvant donner facilement 1 000 chevaux et sur le versant de Bardonnèche la possibilité d'obtenir 420 chevaux au minimum du Melezet et plus de 300 chevaux des trois autres petits torrents voisins, soit en tout plus de 700 chevaux pour minimum d'hiver.

Les mesures provisoires ont été reprises en mars 1857 et confiées à M. Bella, inspecteur du génie civil; elles ont fait ressortir du côté sud une force minima disponible de 778 chevaux à recueillir en basses eaux pour la perforation et l'aération du côté sud. Son rapport de six pages a été publié en mai 1857 avec le rapport de la commission technique.

C'est surtout à l'Arlberg qu'on doit admirer la sage prévoyance de la direction du chemin de fer de l'Arlberg pour faire connaître exactement aux entrepreneurs les forces motrices minima des mois d'hiver, mises à leur disposition des deux côtés du tunnel, long de 10 270 mètres seulement, et pour lequel un excès de température n'était pas à craindre comme au tunnel du Gothard, la hauteur du faîte au-dessus du souterrain étant beaucoup moindre. Elle est seulement de 800 mètres pour le tunnel de l'Arlberg, tandis qu'au Gothard cette hauteur dépasse 1 600 mètres. Pendant le mois de mars 1880 et avant la fonte des neiges, cette direction a fait faire une série de jaugeages sur les versants est et ouest de l'Arlberg et, de plus, elle s'est chargée d'exécuter les installations hydrauliques pour la force motrice et l'aération; les mesures de jaugeage ont été effectuées avec une prudence et une conscience qui peuvent être citées comme exemple pour les travaux futurs de ce genre.

Du côté ouest, on avait établi d'abord une installation provisoire pour les premières phases de la perforation, puis on augmenta la puissance motrice minima disponible en hiver jusqu'à 690 chevaux, pouvant être portée au double dans la saison chaude. La direction mit de plus une machine à vapeur de 100 chevaux à la disposition de l'entrepreneur qui, s'il voulait s'en servir, n'avait à payer que le chauffage et la main-d'œuvre.

Du côté est, les installations exécutées par la Compagnie mirent, dès l'origine des travaux, une force minima de 930 chevaux à la disposition des entrepreneurs, les déchargeant ainsi des énormes préoccupations pour

les études et la construction des dérivations et des pertes de temps qui en seraient résultées.

On sait que les difficultés de percement d'un long tunnel augmentent beaucoup plus rapidement que l'accroissement de longueur et que les plus grosses difficultés, les fortes dépenses par kilomètre percé proviennent surtout des hauteurs du faîte au-dessus du souterrain et des excès de température qui en sont la conséquence.

En somme, les obstacles physiques qu'il a fallu surmonter à l'Arlberg ne peuvent aucunement entrer en comparaison avec les énormes difficultés et les cas de force majeure qu'il a fallu vaincre au Gothard.

Malgré cela, la dépense kilométrique pour l'établissement complet du tunnel du Gothard n'a dépassé que de *trois pour cent* le coût final kilométrique du tunnel de l'Arlberg. Peut-on ne pas admirer ce résultat et s'incliner devant le génie de l'entrepreneur L. Favre qui, se débattant au milieu de difficultés surhumaines, entraîné à des frais incessants par suite des erreurs, des fausses données de ses chefs, de l'insuffisance des forces hydrauliques, etc., a cependant réalisé, à un prix si remarquablement bas, l'exécution du plus difficile, du plus long tunnel des Alpes.

Quant au tunnel projeté pour le Simplon et qui, dans un temps peu éloigné, il est permis de l'espérer, pourra donner lieu à des soumissions d'entrepreneurs, les études de jaugeage ont été commencées depuis décembre 1876 et continuées assidument pendant les mois de janvier, février, mars et avril 1877, en tout quarante trois jours d'observations en hiver, sur le régime de la Diveria, au côté sud du tunnel projeté. Les mesures ont prouvé que, même en hiver, avec le débit de la Diveria et une hauteur de chute de 180 mètres, on pourra compter sur une force réalisable de plus de 2000 chevaux pendant toute la saison d'hiver pour le côté sud. Pour le côté nord, d'après les jaugeages exécutés sous les ordres de M. G. Lommel dans l'hiver 1877-1878, on peut obtenir, en amont de Brigue, une chute de 50 mètres pour les eaux du Rhône qui, combinée avec son débit moyen au fort de l'hiver, donnera une force réalisable de 2000 chevaux utiles.

Les grands navires à vapeur. — Au 1er janvier 1859, il y avait en Angleterre 1 854 navires à vapeur, représentant un total de 682 433 tonneaux et 186 227 chevaux nominaux. Sur ce nombre, 19 navires seulement avaient plus de 300 pieds, 91m,50 de longueur. Comme la plupart de ces navires ont joué un rôle dans les progrès de la navigation à vapeur, nous croyons intéressant d'en reproduire la liste :

Noms.	Longueur.	Tonnage.
	m. c.	
Great Eastern	212.70	18.915
Persia	114.70	3.300
Tasmanian	105.50	2.253
Atrato	102.60	3.467

Noms.	Longueur.	Tonnage.
Australasian	101.15	2.761
Simla.....................	100.75	2.441
City of Baltimore	99.22	2.368
Japon.................	97.75	2.667
City of Washington	97.30	2.381
Jura......................	96.70	2.241
Colombian....................	93.70	2.352
Oneida.........	93.55	2.285
Royal Charter...	93.45	2.381
Ceylon	93.35	2.021
European.......	93.00	2,360
Etna	92.90	2.215
Nemesis.........	91.80	2.018
Edinburgh.......	91.60	2.197
Parana	91.50	3.071

Le *Great Britain*, construit en 1840 et qui ne figure pas sur cette liste parce que sa longueur est inférieure à 300 pieds, occupe cependant encore le premier rang après le *Great Eastern* pour son tonnage qui est de 3 509 tonneaux ; il était beaucoup plus large que les autres navires par rapport à sa longueur, ce qui explique cette anomalie.

Si maintenant nous franchissons un intervalle de vingt-cinq ans, nous trouvons, en 1884, 138 navires à vapeur de plus de 4 000 tonneaux. Le premier remonte à 1858, c'est le *Great Eastern* qu'on a déjà vu dans la liste précédente. Le premier qui vient après n'a été construit qu'en 1862; en 1863, il en a été fait 3; on n'en trouve plus ensuite jusqu'à l'année 1873 qui en a 9, et très peu jusqu'en 1881 où il en a été construit 26; en 1882, 24; en 1883, 15, et enfin, en 1884, 21.

L'ouvrage *the Modern Shipbuilding,* offert à la Société par M. David Pollock, contient la liste de ces 138 navires de plus de 4 000 tonneaux de *gross register*. Nous nous bornerons à reproduire les douze premiers.

			M.	T.		
1	*Great Eastern*	»	212.70	18.915	Scott Russel	1858
2	*City of Rome*	ligne Anchor	166.50	8.141	Barrow	1881
3	*Etruria*	ligne Cunard	152.50	7.718	J. Elder	1884
4	*Umbria*	»	152.50	7.710	»	1884
5	*Servia*	»	157.50	7.392	J. et G. Thomson	1881
6	*Oregon*	ligne Guion	152.50	7.375	J. Elder	1883
7	*Aurania*	ligne Cunard	143.40	7.269	J. et G. Thomson	1882
8	*Alaska*	ligne Guion	152.50	6.932	J. Elder	1881
9	*America*	ligne Nationale	131.80	6.900	J. et G. Thomson	1884
10	*Normandie*	Transatlantique	140.00	6.062	Barrow	1882
11	*Westernland*	ligne Belge	134.00	5.736	Laird	1883
12	*Vancouver*	Dominion	131.00	5.600	Connel et Cie	1884

Il y a en somme 1 navire de plus de 10,000 tonneaux, l'unique *Great*

Eastern, 2 de plus de 8 000, 7 de plus de 7 000, 10 de plus de 6,000, 38 de plus de 5 000 et enfin 138 de plus de 4 000 tonneaux.

Le dernier des 138 est l'*Éthiopia* de 4 005 tonneaux et 122 mètres de longueur, construit en 1873.

La Clyde a fourni 57 pour 100 des grands navires de cette liste, après vient Barrow avec 12 pour 100 seulement.

Sur les douze navires dont nous avons donné plus haut l'énumération, il y en a 5 en fer et 7 en acier.

Voici, au point de vue de l'emploi de l'acier, sa proportion dans les navires construits dans le Royaume-Uni pour les cinq dernières années :

1879	23	navires représentant	5.83 p. 0/0 du nombre	et	4.38 p. 0/0	du tonnage
1880	30	—	6.96	—	7.26	—
1881	37	—	7.43	—	9.79	—
1882	73	—	12.14	—	14.00	—
1883	103	—	14.24	—	15.37	—

Production des fers et aciers en Allemagne. — Le *Zeitschrift des Vereines Deutsche-Ingenieure* a donné un travail du docteur Wedding sur la production de l'industrie sidérurgique allemande où nous trouvons les chiffres suivants pour 1883.

	Produits bruts marchands.	Produits manufacturés.
	T.	T.
Fer	122.000	1.449.000
Acier	38.000	860.000

Voici comment se décomposent les produits manufacturés :

	Fer.	Acier.
	T.	T.
Rails et accessoires	20.000	473.000
Traverses pour chemins de fer	38.000	65.000
Essieux, roues et bandages	18.000	71.000
Pièces pour constructions	799.000	22.000
Tôles, fer-blanc, etc	285.000	13.000
Fils	214.000	145.000
Tuyaux	20.000	......
Blindages, projectiles, canons, etc.	......	8.000
Pièces de machines	56.000	63.000

On voit que plus de la moitié de l'acier est employé pour les chemins de fer et plus de la moitié du fer pour les constructions.

Résistance au feu des colonnes en fonte. — A la suite d'incendies survenus à Berlin depuis quelques années, l'administration municipale de cette capitale avait interdit l'emploi des colonnes en fonte dans les maisons d'habitation; elle n'y autorisait que les colonnes en fer et briques avec mortier de ciment. Les colonnes en fonte n'étaient tolérées

qu'à la condition d'être entourées d'une enveloppe en fer laissant un intervalle annulaire.

Le professeur Bauschinger, de Munich, a récemment fait des expériences avec des colonnes en fer et en fonte et des piliers de pierres, briques et mortier de ciment. Les résultats qu'il a obtenus semblent donner tort aux règlements de l'édilité berlinoise. L'éminent professeur a chargé des colonnes de fer et de fonte des poids ordinairement imposés à ces pièces dans les constructions et les a chauffées à diverses températures jusqu'au rouge, puis les a alors brusquement refroidies avec un jet d'eau, pour reproduire ce qui se passe dans les incendies. Ces expériences ont indiqué que les colonnes en fonte, si elles se courbent par la chaleur et se fendent au contact de l'eau froide, n'en supportent pas moins leurs charges beaucoup mieux que les colonnes en fer qui s'affaissent avant la chaleur rouge et se tordent au contact de l'eau au point de ne plus pouvoir être redressées.

Le professeur Bauschinger en conclut que les colonnes en fonte supportent la charge en présence du feu beaucoup mieux que les colonnes en fer. Les essais comparatifs faits sur les piliers en pierres, briques et mortier de ciment, montrent que les derniers sont préférables. Les piliers en béton supportent le feu pendant un temps qui a varié de une à trois heures; la brique résiste également bien, mais les pierres naturelles, granit, calcaire, grès, ne doivent pas être considérées comme des matériaux à l'épreuve du feu.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1885.

Rapport de M. PIHET sur les **cheminées fumivores et économiques**, de M. WERY.

Pour réaliser la fumivorité, M. Wéry n'a recours qu'à la cheminée sans rien modifier au fourneau ni à la grille; son procédé consiste simplement à mélanger aux gaz, à l'entrée à la cheminée, une certaine quantité d'air

relativement froid. Cet air pénètre dans le courant des gaz chauds à la manière de l'eau d'alimentation dans les injecteurs Giffard, par un orifice circulaire aussi réduit que possible de section et proportionnel à celle de la cheminée.

Le courant d'air enveloppe le courant des gaz en mouvement dans la cheminée, s'y mélange en abaissant sa température et diminue l'intensité du tirage.

Le rapporteur, sans entrer dans l'analyse de l'effet de ce procédé, indique que des expériences comparatives, faites avec un soin suffisant, ont montré que le système était efficace sous le double rapport de la fumivorité et de l'économie.

Il cite entre autres un essai fait sur une locomobile développant 12 chevaux environ au frein où l'emploi de la cheminée Wery aurait fait descendre la consommation de 139 kilogrammes de combustible à 107 kilogrammes, soit une économie de 23 pour 100.

Notice sur M. le baron Baude, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, vice-président de la Société d'encouragement, par M. Schlemmer, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

Rapport à M. le ministre de l'agriculture sur la situation de l'agriculture du département de l'Aisne, par M. E. Risler, directeur de l'Institut national agronomique (*suite*).

L'industrie de l'amiante en Angleterre.

Détermination du manganèse dans les laboratoires des usines à fer.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1885.

Note sur **le mémoire de M. Couche**, ingénieur en chef des ponts et chaussées, intitulé **les Eaux de Paris en 1884**, par M. Guillemain, inspecteur général des ponts et chaussées.

Nous rappellerons que le Bulletin de septembre 1884 de la Société contient l'analyse très complète du mémoire de M. Couche.

Tables numériques pour le **calcul de la poussée des terres**, par M. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

M. Boussinesq a, dans divers articles insérés dans les *Annales des ponts et chaussées*, établi la parfaite concordance de la théorie de l'équilibre des

massifs pulvérulents avec les faits d'expérience relevés de divers côtés. On peut donc considérer cette théorie comme suffisamment démontrée par l'expérience pour en recommander l'application dans les calculs relatifs à la poussée des terres.

On part des deux hypothèses suivantes :

1° Les terres dont il s'agit sont absolument dépourvues de cohésion ;

2° Le coefficient de frottement des terres sur le mur est égal à celui des terres sur elles-mêmes (ce qui revient à admettre qu'une très mince couche de terre reste adhérente au mur) et qu'il a pour mesure la tangente trigonométrique de l'angle du talus naturel des terres avec l'horizon.

La poussée, exercée par le massif sur le mur, ne peut pas en général être calculée exactement, mais M. Boussinesq a démontré qu'elle était comprise entre deux limites et que sa valeur la plus probable est, non pas la moyenne arithmétique de ces deux limites, mais la valeur de la plus petite augmentée des 9/22 de la différence des deux limites.

Pour faciliter l'emploi de cette méthode et simplifier des calculs assez laborieux, M. Flamant a fait des tableaux donnant diverses valeurs, telles que : 1° les limites de l'inclinaison i de la paroi postérieure du mur sur la verticale, au-dessous desquelles la direction de la poussée fait un angle φ avec la normale à la paroi, pour diverses valeurs de cet angle φ et de l'angle ω formé avec l'horizontale par la surface supérieure du massif supposée plane, 2° les valeurs des coefficients par lesquels on doit multiplier $\frac{\pi h^2}{2}$ produit du demi-carré de la hauteur verticale, au-dessus de la base du mur, du point d'intersection de la surface supérieure du massif avec la partie postérieure du mur, par le poids du mètre cube de terre pour diverses valeurs de φ et ω, et pour des valeurs de i égales à 0, 5°, 10°, 15°, 20° et 25°, enfin 3° les valeurs des coefficients par lesquels on doit multiplier $\frac{\pi}{2}\left(\frac{h}{\cos i}\right)^2$ pour avoir la composante normale de la poussée, pour les diverses valeurs de φ, de ω et pour les valeurs de i croissant par 5 degrés entre 0 et 25°.

Tableau de la **navigation sur le Rhin en 1882**, par M. B. de Mas ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Ce mémoire très intéressant permet d'apprécier l'intensité du mouvement commercial qui se manifeste sur le Rhin, dont le développement, à travers le territoire allemand de Bâle à Emmerich, atteint 680 kilomètres, avec une pente totale de 233m,36, ce qui correspond à une pente moyenne de 0m,34 par kilomètre ; de Manheim à Emmerich la pente moyenne n'est plus que de 0m,18. La pente maximum est entre Bingen et Saint-Goar où, sur 27 kilomètres, elle est en moyenne de 0m,46 et atteint le double dans certains passages.

La note donne des renseignements sur la durée des très hautes et très basses eaux en 1882 au point de vue de l'interruption de la navigation ; il n'y

a pas eu lieu de s'occuper des glaces, le Rhin n'ayant pas gelé cette année-là.

Le tonnage total des marchandises transportées en 1882 a été de 10 157 168 tonnes dont 6 138 049 pour les ports allemands et 4 019 119 pour les ports hollandais et belges. Un grand tableau donne la répartition de ce trafic entre les 29 ports allemands et les ports hollandais et belges. Le maximum est atteint par Ruhrort avec plus de 2 millions de tonnes et Manheim avec 1 276 000. Pour le premier la houille entre pour 1 600 000 tonnes et les minerais et produits métallurgiques pour 265 000; le mouvement des autres marchandises de toute nature se réduit à 155 000 tonnes.

Un autre tableau donne le détail, suivant la nomenclature adoptée par l'administration allemande, de toutes les marchandises en destination ou en provenance, tant à la remonte qu'à la descente, des ports de Manheim-Ludwigshafen qui occupent une situation spéciale dans la navigation du Rhin, comme centre de transbordement, vraie succursale et pour ainsi dire extension des ports de mer de Rotterdam, Amsterdam et autres.

Le mémoire de M. de Mas s'occupe de la question des prix de transport et donne les tarifs des transports sur le Rhin pour les divers mois de 1882, tant à la descente qu'à la remonte, pour diverses natures de marchandises et pour divers modes de transport. Les prix varient de 0 fr.,0047 à 0,018, pour le transport proprement dit, par tonne et par kilomètre, non compris le prix du remorquage.

L'auteur donne des renseignements intéressants sur le matériel de navigation, bateaux, remorqueurs, toueurs, etc., nous passerons rapidement sur cette partie en rappelant que nous avons traité cette question dans plusieurs de nos chroniques de 1881, savoir : janvier, page 164, février, page 245, mars, page 353, octobre, page 385.

Ajoutons toutefois que, d'après M. de Mas, il semble que le touage à câble sur le Rhin n'a pas donné les résultats espérés. La société qui avait son siège à Cologne, a fusionné avec une compagnie de remorquage de Ruhrort; le nombre des toueurs (huit) n'a pas été augmenté depuis l'origine et le câble, immergé entre Ruhrort et Bingen, n'est plus utilisé qu'à l'amont du pont d'Obercassel au-dessus de Bonn. Il est à remarquer que la partie du fleuve où le touage fonctionne encore aujourd'hui est précisément celle où l'on pensait à l'origine que son fonctionnement serait impossible à cause des difficultés qui s'y accumulent pour la navigation. Le touage rend de grands services notamment par les basses eaux, lorsque les grands remorqueurs à hélice ne peuvent plus circuler, mais le touage a une infériorité marquée à la descente à cause de la grande vitesse du courant; il doit quitter le câble et agir comme remorqueur, mais avec son faible tirant d'eau et ses petites hélices il fait un très médiocre remorqueur. On dit que, lorsque le câble sera usé, il ne sera probablement pas remplacé.

L'exemple du Rhin prouve que, sur un grand fleuve à cours libre, à courant rapide, à régime très variable, à mouillage relativement peu élevé, on peut encore, avec un matériel judicieusement choisi, faire des transports à

bon compte. On peut en tirer d'importantes conclusions au point de vue de la navigation du Rhône.

Mémoire sur l'**emploi du fer et de l'acier dans les constructions**, par M. Considère, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

C'est la première partie d'un mémoire très considérable, laquelle est consacrée à l'examen des questions de résistance et d'essais des matériaux. On y trouve des renseignements du plus haut intérêt; nous citerons notamment les expériences relatives à l'effet des efforts prolongés ou répétés, l'influence du mode de fabrication et des actions mécaniques, sur les propriétés physiques de l'acier et du fer, comprenant la fusion, le laminage, le recuit, l'écrouissage, la trempe, le poinçonnage et des considérations sur la déformabilité et la rigidité des constructions.

La dernière partie doit comprendre l'étude des chocs et la troisième celle des assemblages des propriétés spéciales de l'acier et enfin la détermination des efforts qu'il convient d'imposer au fer et à l'acier, en tenant compte des importantes expériences de MM. Wœhler et Spangenberg.

Note sur un **procédé simple pour couler le béton sous l'eau**, par M. Heude, ingénieur des ponts et chaussées.

Au pont construit sur la Loire pour donner passage au chemin de fer de Blois à Romorantin, on ne pouvait pas couler le béton avec des caisses entre des pieux espacés de 1^{m},20 d'axe en axe; on s'est servi d'un tube carré de 0^{m},40 de côté, en simples planches, qu'on descendait verticalement dans la fouille en le suspendant à un treuil roulant; on coule le béton avec ce tube; on a pu ainsi couler jusqu'à 60 mètres cubes de béton par jour et par appareil; avec la précaution qu'on prend généralement de mettre en amont des écrans en pieux et palplanches pour arrêter le courant, on a obtenu d'excellents résultats; c'est un perfectionnement du procédé de la trémie qui peut être employé avec succès et économie, même pour des profondeurs considérables.

ANNALES DES MINES

6e *livraison de* 1884.

Mémoire sur l'**extraction des métaux précieux dans le Hartz** par M. M. Luuyt, ingénieur des mines.

Les procédés par voie humide pour la métallurgie des métaux précieux ont été introduits depuis quelques années dans le Hartz et y sont appliqués d'une manière remarquable. Les minerais traités sont, pour la plupart, des

minerais plombo-cupro-argentifères. On sépare d'abord le plomb à l'état de plomb d'œuvre et on concentre le cuivre dans des mattes de plus en plus riches. L'argent se divise; une partie va avec le plomb, une autre avec le cuivre; on opère alors par les divers procédés de désargentation. L'or reste toujours avec l'argent, de sorte que l'argent obtenu est aurifère; la séparation des deux métaux précieux se fait par une opération spéciale.

Le mémoire passe en revue les diverses usines du haut Hartz et du bas Hartz, et décrit les diverses opérations qui y sont pratiquées pour le but indiqué ci-dessus, coupellation du plomb d'œuvre riche, enrichissement du plomb pauvre, désargentation du cuivre noir et autres procédés de désargentation, puis affinage de l'argent et extraction de l'or. Voici quelques chiffres qui indiquent l'importance de ces industries. En 1881, les usines du Hartz ont traité 56 160 tonnes de minerai et occupé 1 636 ouvriers. Elles ont produit près de 10 000 tonnes de plomb marchand, soit 13 pour 100 de la production totale de l'Allemagne, et 500 tonnes de cuivre, 30 000 kilogrammes d'argent fin, soit les 21/100es de la production de l'Allemagne et 62kg,630 d'or fin ou 30 pour 100 de la production totale de l'Allemagne.

La production annuelle du Hartz en métaux représente une valeur de dix millions de francs environ.

Le traitement des minerais d'or à Zalathna (Transylvanie), par M. Beaugey, ingénieur des mines.

Le district aurifère de la Transylvanie a une superficie de près de 20 milles carrés et se trouve dans une contrée aride et montagneuse.

La richesse des minerais ayant considérablement diminué depuis plusieurs années, on a dû modifier radicalement le mode de traitement et on a été conduit à ne conserver qu'une usine pour les opérations à faire sur les minerais, celle de Zalathna qui appartient au gouvernement hongrois. La méthode que l'on suit actuellement est due à M. Hauch.

La note décrit les divers modes d'essais des minerais, pour argent aurifère, pour cuivre, pour plomb, pour matte, la composition et le classement des minerais; puis elle indique l'ancien mode de traitement pour mieux faire ressortir les avantages du nouveau. Ainsi, pour l'extraction de l'or et de l'argent, on concentrait d'abord ces métaux dans les minerais par le grillage des schlichs pauvres en tas et la fusion du produit avec des scories de la fonte d'enrichissement et de la fonte plombeuse; on grillait de nouveau et on fondait la matte grillée avec des schlichs et des minerais riches, on répétait les grillages et les fusions un grand nombre de fois jusqu'à ce qu'on eût un plomb suffisamment riche qu'on coupellait pour obtenir l'argent aurifère.

L'extraction du cuivre se faisait par grillage, fusion pour cuivre noir, affinage du cuivre noir, conversion du cuivre affiné en cuivre rosette.

La durée totale des opérations atteignait neuf mois et on avait des pertes considérables.

La nouvelle méthode est une combinaison ingénieuse de la voie sèche et

de la voie humide. Au point de vue de l'extraction des métaux précieux, on les concentre encore par grillage, mais alors dans des fours avec utilisation de l'acide sulfureux produit et par fusion des schlichs grillés avec des minerais pauvres et scories de la fonte plombeuse, et on traite la matte pulvérisée par l'acide sulfurique étendu; on a du sulfate de fer et du soufre. Le résidu mélangé avec de la matte grillée est fondu avec des schlichs, minerais, scories et plomb métallique, et on obtient du plomb riche qu'on coupelle.

Au point de vue du cuivre, la matte riche où il est concentré est traitée par l'acide sulfurique et le cuivre reste à peu près complètement dans le résidu, lequel est repassé à la fonte riche; on répète ce traitement sur la matte jusqu'à ce qu'elle contienne au moins 20 pour 100 de cuivre; elle est alors traitée comme précédemment par l'acide sulfurique; le résidu est soumis à l'action de l'acide sulfurique concentré qui dissout le cuivre et donne du sulfate de cuivre qu'on fait cristalliser, ou bien on précipite le cuivre par le fer.

Les opérations accessoires sont l'extraction du tellure de certains minerais spéciaux, la fabrication de l'acide sulfurique au moyen de l'acide sulfureux provenant du grillage des minerais et la production du soufre au moyen de l'acide sulfhydrique provenant de l'attaque des mattes.

Toutes les opérations précédentes sont décrites en détail.

En 1882 on a produit 220 kilogrammes d'or et 230 d'argent, 652 tonnes d'acide sulfurique à 50° B, 16 de soufre et 25 de sulfure de carbone; la production peut atteindre des chiffres notablement plus élevés.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1883.

Le nombre total des accidents est de 34, ayant causé la mort de 40 personnes et des blessures à 62. L'explosion de la chaudière verticale des forges de Marnaval entre à elle seule dans ce chiffre pour 30 morts et 61 blessés.

Sur les 34 accidents, 18 se sont produits sur des chaudières à foyer extérieur, 8 sur des chaudières à foyer intérieur et 8 à des récipients et appareils divers.

On attribue 11 accidents à des conditions défectueuses d'établissement, 6 à des conditions défectueuses d'entretien, 23 à un mauvais emploi des appareils et, pour 2, les causes sont restées indéterminées ou inconnues.

Notes d'un **voyage aux ardoisières du pays de Galles**, par M. Larivière, ancien élève de l'école supérieure des mines.

Les gisements d'ardoises du pays de Galles appartiennent aux terrains cambrien et silurien, ils ont une puissance énorme qui atteint dans certains endroits plusieurs kilomètres. Les exploitations sont au nombre d'une vingtaine, toutes situées dans un rayon de trois kilomètres autour du terminus du célèbre chemin de fer du Festiniog.

L'exploitation se fait, soit à ciel ouvert en colline ou fond de vallée, soit souterrainement par diverses méthodes.

Les blocs extraits et divisés en dalles de $0^m,10$ d'épaisseur sont transformés en ardoises dans des ateliers de fenderie à la main, les essais de fenderie mécanique n'ayant pas réussi jusqu'ici.

La production annuelle de schiste manufacturé (dalles et ardoises pour toitures) est actuellement de 500 000 tonnes environ ; elle est en décroissance depuis plusieurs années ; sur ce chiffre, trois exploitations produisent à elles seules la moitié. Cette industrie occupe à peu près 14 000 ouvriers. Le chemin de fer du Festiniog transporte en ardoises seulement 120 000 tonnes par an.

1re *livraison de* 1885.

Rapport relatif à la mission en Belgique de MM. Brame, inspecteur général des ponts et chaussées, et Worms de Romilly, ingénieur en chef des mines.

Ce rapport a paru dans les *Annales des ponts et chaussées,* numéro de janvier 1885 et nous en avons parlé dans les comptes rendus de mars, page 470.

Analyses des eaux minérales françaises, exécutées au bureau d'essai de l'école des mines, par M. A. Carnot, ingénieur en chef des mines.

Note sur l'**eau minérale sulfatée magnésienne** de Cruzy (Hérault), par M. Braconnier, ingénieur des mines.

Cette eau découverte en 1884 a une richesse en principe minéralisateurs qui paraît dépasser celle de toutes les sources analogues connues.

Le résidu fixe par litre atteint $100^g,99$, dont 88,09 de sulfate de magnésie, 6,55 de sulfate de soude et 6,15 de chlorure de sodium.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1883 dans les laboratoires départementaux par les ingénieurs des mines.

Note sur un **accident** survenu le 15 mai 1884, **dans les mines de Molières** (Gard), par M. de Castelnau, ingénieur des mines.

Un coup de pic donné par un ouvrier à un petit pilier de charbon, après avoir abattu ce pilier, a atteint la lampe placée à terre et en a crevé le tamis ; une flamme est apparue, a suivi le courant d'air et légèrement brûlé un ouvrier qui se trouvait à 3 mètres de distance. On peut admettre qu'un très faible dégagement de gaz s'est produit par le renversement du pilier et s'est enflammé au contact de la mèche encore en ignition de la lampe. Si le tamis de la lampe avait été protégé par une cuirasse, l'accident ne se serait pas produit ; l'addition de cette cuirasse dont sont munies certaines lampes augmente la garantie de sécurité des lampes de sûreté.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Il a été extrait en France, en 1884, 20 127 209 tonnes de combustibles minéraux, dont 19 624 718 de houille et anthracite et 502 491 de lignite. Le total présente une diminution de 1 200 000 tonnes sur l'année 1883.

La production de la fonte a été, en 1884, de 1 784 111 de fonte au coke, 40 713 de fonte au bois et 30 423 de fonte mixte ; il y a une diminution de 214 183 tonnes sur l'année 1883, diminution qui est proportionnellement plus considérable sur la fonte au bois, dont la production avait atteint 51 232 tonnes en 1883.

Il a été produit, en 1884, 877 826 tonnes de fer dont 753 088 de fer puddlé, 34 387 de fer au charbon de bois et 90 351 de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons ; le département de la Seine entre dans ce dernier chiffre pour 42 231 tonnes, soit près de la moitié. Le total est en diminution de 100 000 tonnes en nombre rond sur l'année 1883. On peut signaler que la production totale des rails en fer n'atteint que le chiffre de 15 655 tonnes contre 19 214 pour 1883.

Pour l'acier, la production totale est pour 1884, de 509 516 tonnes dont 364 000 d'acier Bessemer et 122 000 d'acier Martin. Il y a une diminution de 12 304 tonnes sur l'année précédente. Les rails d'aciers entrent dans le total pour 371 432 tonnes en diminution de 19 845 tonnes sur l'année précédente. Il a été fabriqué environ 40 000 tonnes de tôles d'acier, soit 6,700 de plus qu'en 1883.

COMPTES RENDUS MENSUELS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-OUEST

Séance du 7 décembre 1884.

Communication de M. Tarragonet sur la **laverie système Lührig et Coppée de la Société des aciéries de France.**

Cette laverie a été établie à Aubin pour traiter des menus de charbon tout-venant recueillis au-dessous de grilles dormantes à barreaux longs et plats espacés de 30 millimètres, de manière à obtenir des charbons marchands de 8 millimètres et au-dessus, tenant de 4 à 9 pour 100 de cendres, des fines pour coke, des menus métallurgiques de tout grain, etc. La laverie proprement dite est doublée d'un atelier de broyage pour coke.

Le système de fonctionnement est le suivant ; triage très soigné du charbon au chantier et finissage de l'épuration par la laverie ; charbons bruts à

24 pour 100 de cendres et charbons marchands à 9 pour 100; déchets de 17 pour 100 et perte en carbone de 7 pour 100.

L'installation a coûté 200 000 francs environ, sans les moteurs et divers accessoires.

Communication de M. PETITJEAN sur **la laverie de la Compagnie nouvelle de l'Aveyron.** — Cette laverie, du même système que la précédente, est en cours d'installation et devra traiter les résidus d'une production annuelle d'environ 400 000 tonnes; on traitera : 1° les crus et les boues provenant du lavage des charbons marchands de première qualité; 2° une petite quantité de tout-venant de deuxième qualité; 3° les charbons métallurgiques sans emploi. Les produits doivent être des charbons industriels renfermant moins de 10 pour 100 de cendres et des schistes. On traitera 11 tonnes de matières brutes à l'heure.

L'alimentation d'eau est établie à raison de 2 mètres cubes d'eau par tonne de charbon brut; la force motrice sera fournie par deux machines distinctes, l'une pour le broyage, l'autre pour le lavage, à raison de 7 chevaux par tonne de houille brute par heure.

L'installation coûtera à peu près 200 000 francs, dont 126 000 pour les appareils, mécanismes et moteurs.

Communication de M. PETITJEAN sur le **tirage des coups de mines à la chaux.**

Des essais ont été faits à la houillère de Bourran. Le tirage a donné des blocs qu'il a été nécessaire de débiter et, tout compte fait, il semblerait que le travail ordinaire à la poudre eût été moins onéreux. On a eu des résultats analogues à Campagnac, ce qui confirme les observations déjà faites et conduit à réserver l'emploi des cartouches de chaux pour les mines à grisou, où leur usage donnerait un rendement net supérieur à celui des procédés mécaniques ordinaires.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

2 *Mai* 1885.

Transmission électrique des signaux aux mines de Marles (Pas-de-Calais.)

M. Théry, ingénieur principal des mines de Marles, donne quelques renseignements sur cette installation, dont le but est de transmettre les signaux du fond du puits à la recette du jour et au mécanicien qui conduit la machine d'extraction. Ces signaux sont produits sur des cadrans identiques installés, l'un en face du mécanicien, le second en haut du puits et le troisième au fond. Le courant est produit par une pile de 40 éléments

Leclanché, disposés par batteries de 10; les fils conducteurs sont placés dans une gaine de plomb.

Bibliographie. — *Revue de la législation des mines*, etc. — *Traité pratique d'électricité industrielle* de MM. Cadiat et Dubost.

Transmission de la force industrielle à domicile au moyen de l'air raréfié. — Il s'agit de l'installation que M. Boudenoot a présentée à la Société dans la séance du 20 mars 1885.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 20. — 16 *Mai* 1885.

Expériences sur un haut fourneau presque cylindrique, par Fritz Lürmann.

Perfectionnements dans la construction et l'installation des chaudières à vapeur, par R. Werner.

Chauffage avec combustion de la fumée dans les locomotives, par Alb. Frank.

Emploi de l'acier pour la construction des ponts dans l'Amérique du Nord, par R. Krohn.

Groupe de Bergues. — Acide carbonique liquide.

Groupe de la Lenne. — Métal Delta.

Groupe de Manheim.

Groupe de Thuringe. — Touage par chaîne et par câble.

Patentes.

Bibliographie. — Distribution de machines à vapeur de E. Blaha. — *L'arte della sonda*, de Perreaux. — Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Eau entraînée avec la vapeur. — Métallurgie.

Variétés. — Résistance au feu des colonnes en fer et en maçonnerie. — Installation des fours à puddler et à réchauffer. — Associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur. — Enseignement du dessin dans les écoles.

N° 21. — 23 *Mai* 1885.

Exposition du travail manuel à Dresde, par R. Schöttler (*suite*).

Perfectionnements dans la construction et l'installation des chaudières, par R. Werner (*fin*).

Canal de Panama.

Groupe de Breslau. — Éclairage par incandescence. — Hydrantes.

Groupe de Cologne. — Loi sur les patentes. — Résolution des groupes de Magdebourg et de Cologne.

Groupe du Rhin inférieur. — Aménagement des eaux. — Chauffage par la chaleur rayonnante.

Patentes.

Variétés. — Procédés de congélation de Pœtsch. — Exploitation du pétrole en Amérique. — Prix de l'association des ingénieurs-mécaniciens allemands.

N° 22. — 30 *Mai* 1885.

Pompes à vapeur à action directe, par H. A. Hulsemberg (*suite*).

Exposition du travail manuel à Dresde, par R. Schöttler (*fin*).

Machine à raboter et à aléser horizontale, de Henschel et fils, à Cassel.

Métallurgie. — L'argent (*fin*).

Groupe du Rhin moyen. — Historique des ponts suspendus.

Groupe de Thuringe. — Résolution du groupe de Magdebourg. — Machines à laver les pommes de terre et les betteraves. — Aimantation d'une tige de pompe.

Patentes.

Accumulateurs électriques.

Correspondance. — Chevalets pour puits de mines.

N° 23. — 7 *Juin* 1885.

Pompes à vapeur à action directe, par H. A. Hulsemberg (*fin*).

Machines compound de 200 chevaux pour bateau à roues.

Tracé des diverses courbes de détente de la forme générale $p\ v^n = C$, par Ernest Brauer.

Électrotechnique. — Expériences sur l'emploi de la lumière électrique dans les phares.

Ponts. — Calcul des ponts à double treillis.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Programme de l'assemblée générale de l'Association. — Chaudière à soude de Honigmann. — Freins automatiques.

Groupe de la haute Silésie. — Programme de l'assemblée générale de l'Association. — Emploi des machines pour la traction dans les mines.

Groupe de Siegen. — Analyse des gaz.

Patentes.

Bibliographie. — Application de la résistance des matériaux dans la construction des machines de S. Graf. — Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Explosions foudroyantes.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Association des chemins de fer.

N° 24. — 13 *Juin* 1885.

Machine à colonne d'eau, système Meyer, avec régulateur automatique pour ascenseurs, par Ad. Ernst.

Expérience avec l'appareil Woodbury pour la recherche des coefficients de frottement dans le graissage à l'huile, par M. Rudeloff.

Groupe de Francfort. — Machine dynamo-compound. — Canalisation de la Meuse. — Forage de puits pour les eaux de Rantert.

Groupe de Poméranie. — Frein à vide de Hardy.

Groupe de Thuringe. — Navigation aérienne.

Patentes.

Bibliographie. — Annuaire de chimie technologique avec développements statistiques pour 1884, par R. von Wagner. — Ouvrages adressés à la Société.

N° 25. — 20 *Juin* 1885.

Métier à tulle avec mécanisme Jacquard, par Ern. Muller.

Machines-outils. — Machines à percer pour la construction des poutres du pont sur le Forth.

Groupe de Manheim.

Groupe du Rhin moyen. — Projet Friedel pour la canalisation de la Moselle.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Deux pionniers de la machine à haute pression.

Congrès de navigation intérieure en Belgique.

Centralisation des associations prussiennes pour la surveillance des chaudières à vapeur.

Patentes.

Bibliographie. — Recherches sur la canalisation, du docteur J. Soyka. — Ouvrages adressés à la Société.

Correspondance. — Accumulateurs électriques. — Chevalets de puits de mines.

Variétés. — Éclairage électrique dans la ville de New-Vork. — Chemins de fer sur routes dans la haute Italie. — Réunion des délégués des sociétés allemandes d'ingénieurs et d'architectes.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

ANNEXE AU BULLETIN DE JUIN 1885

DISCOURS

PRONONCÉ PAR

M. FRANCISQUE REYMOND[1]

A LA CHAMBRE DES DÉPUTÉS

SÉANCE DU 16 JUIN 1885

M. le Président. Nous en sommes toujours à l'article 20 de la loi de recrutement.

Il y a sur cet article des amendements de MM. Reymond et Langlois qui visent différents paragraphes et qui nous obligeront à diviser la discussion et le vote.

Je donne d'abord lecture de l'ensemble de l'article. Il est ainsi conçu :

« Les jeunes gens reçus après examen et concours aux écoles militaires de Saint-Cyr et polytechnique et à l'école forestière n'y sont définitivement admis qu'à la condition de contracter un engagement préalable de trois ans.

« Ils sont considérés comme présents sous les drapeaux dans l'armée active pendant tout le temps passé par eux dans lesdites écoles. Ils y reçoivent l'instruction militaire complète et sont à la disposition du ministre de la guerre.

« S'ils ne peuvent satisfaire aux examens de sortie de ces écoles ou s'ils en sont renvoyés pour inconduite, ils sont incorporés, pour le temps de service qu'il leur reste à faire, en qualité de simples soldats, dans le régiment pour lequel ils avaient contracté leur engagement.

« Les élèves de l'école polytechnique qui se destinent aux carrières civiles et les élèves de l'école forestière sont, à leur sortie de cette

1. Nous croyons devoir donner ici, en annexe, le discours de notre collègue, M. F. Reymond, *sur la loi du recrutement*, discours dont M. le Président a fait ressortir l'importance et la haute valeur dans le compte rendu statutaire présenté par lui à l'Assemblée générale du 19 juin.

école, placés en qualité de sous-lieutenants de réserve dans un régiment à la désignation du ministre de la guerre, et feront leur troisième année de service dans les conditions à déterminer par la loi sur l'avancement dans l'armée. »

Voici le texte de la première partie de l'amendement de M. Reymond :

« Les jeunes gens reçus après examen et concours aux écoles militaire de Saint-Cyr et polytechnique, à l'école forestière, à l'école normale supérieure, à l'école centrale des arts et manufactures, aux écoles des mines et aux écoles des arts et métiers et des hautes études commerciales, n'y sont définitivement admis qu'à la condition de contracter un engagement préalable de trois ans.

« Pour les élèves des écoles dans lesquelles la durée des études est de plus de deux ans, l'engagement ne prendra cours qu'au commencement de l'avant-dernière année d'études. »

La parole est à M. Reymond.

M. Francisque Reymond. Le résultat du vote sur l'amendement de M. Lenient n'est pas fait pour me rassurer sur l'issue de la discussion que je soulève ; mais il m'est impossible de ne pas remplir, en quelques mots, le devoir que je me suis imposé.

L'amendement que nous présentons, mes amis et moi, est beaucoup plus modeste que celui de notre honorable collègue. Il s'applique à 2 ou 300 jeunes gens seulement, et il assure des services dont la nécessité ne peut faire doute pour personne.

Quand M. le ministre nous a dit tout à l'heure : « *Il y a des moments dans la vie des peuples où on ne doit reculer devant aucun sacrifice,* » j'avoue qu'il m'a ému comme il m'avait ému une première fois, et c'est pourquoi, persistant dans le vote que j'ai émis en première lecture, je voterai encore aujourd'hui contre l'article 20 qui crée, au profit de quelques privilégiés, une faveur antidémocratique et absolument injustifiable.

Tout le monde doit être en effet, soldat, et soldat dans les mêmes conditions.

Cet article 20, contre lequel j'avais voté et que la Chambre avait repoussé en première lecture à une grande majorité, a été représenté par la commission et accepté, paraît-il, par M. le ministre, dans des conditions à peu près analogues, c'est-à-dire que le jeune homme qui aura passé deux ans à l'école polytechnique ou à l'école forestière et qui se destine aux carrières civiles ne sera pas admis *de plano* à sa

sortie de l'école comme lieutenant dans l'armée, ce qui y eût produit, disons-le en passant, un effet bien singulier ; il y sera seulement admis à titre de sous-lieutenant de réserve ; c'est déjà moins choquant, mais c'est encore, vous le reconnaîtrez absolument antidémocratique, car, en somme, l'élève de ces écoles chères à la commission ne passera pas par la caserne ; et ce que nous demandons, mes amis et moi, c'est que tous les enfants de France, sans exception, passent par la caserne. (*Très bien !*)

Je comprends très bien l'idée à laquelle a obéi la commission, et je m'incline devant cette idée, car elle correspond à une nécessité qui se dressait en face d'elle et qu'il fallait bien surmonter : la nécessité d'assurer les services publics.

Par la faveur accordée à l'école polytechnique, la commission assure le service des ponts et chaussées, la construction de nos routes, de nos canaux, de nos télégraphes. Je ne vois pas d'autre raison pour elle de persister à nous demander en seconde lecture le vote de l'article 20, et je n'hésiterais pas à le voter, si la faveur accordée aux futurs ingénieurs de l'État n'allait pas jusqu'à les exonérer de la caserne.

Par la faveur accordée à l'école forestière, la commission assure le service des eaux et forêts, c'est encore un service public.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Je vous demande pardon ; elle fait plus, elle assure le service de nos bataillons forestiers qui rendent, en temps de guerre, des services tout à fait spéciaux.

M. FRANCISQUE REYMOND. J'en suis convaincu, monsieur le ministre, mais je suis convaincu, d'autre part que, quand ces jeunes gens appelés à commander les bataillons forestiers, auront passé un an à la caserne, ils auront fait une chose utile pour eux, pour ceux qu'ils commanderont et, permettez-moi d'ajouter, pour la caserne elle-même. (*Très bien ! très bien !*)

J'ai la prétention de croire et de dire que la caserne ne sera vraiment saine, absolument propre, que quand tous les Français y passeront. (*Très bien ! très bien ! sur plusieurs bancs.*)

Aussi j'entends bien que les 200 ou 300 jeunes gens que je demande à faire bénéficier de l'exception proposée pour l'école forestière et pour l'école polytechnique, et qui, à ce titre, n'auront à passer qu'un an sous les drapeaux, feront cette année de service dans la caserne. A aucun prix, je ne voudrais les en exonérer ; je me suis incliné tout à l'heure devant les raisons qu'a données M. le ministre de la guerre, et — j'en demande pardon à M. Lenient — je n'ai pas voté son amende-

ment, parce que je trouvais qu'il était trop élastique, et que je ne voyais pas où on s'arrêterait. S'appliquerait-il à 2 000, à 3 000 jeunes gens? Bref, M. le ministre m'a convaincu. Mais, mon amendement est beaucoup plus modeste, il ne s'applique pas à 2 000, mais tout au plus à 300 sujets dans des conditions bien définies.

Vous avez voulu, messieurs de la commission et monsieur le ministre, en dérogeant par votre article 20 au principe posé dans l'article 2, assurer les services publics. Ce que je demande à la Chambre, c'est d'assurer le service de l'industrie et du commerce. Quand je vous demande d'ajouter aux exceptions proposées par la commission, ces 200 ou 300 jeunes gens, je crois que je réponds à un des besoins les plus impérieux du pays. J'espère n'avoir pas de peine à vous le démontrer.

Quel est le principe posé par l'article 2?

« *Le service militaire est obligatoire, personnel et égal pour tous.* »

Je viens de vous démontrer, et il suffit, pour s'en convaincre, de relire la rédaction de la commission, que pour l'école polytechnique, l'école des eaux et forêts, il a été fait à ce principe une dérogation absolue. Les élèves de ces écoles y passeront deux ans et la troisième année ils seront officiers de réserve, c'est-à-dire exempts de la caserne.

Quand je demande que les élèves de l'école normale supérieure, de l'école centrale des arts et manufactures, des écoles des mines de Paris et de Saint-Étienne, des écoles des arts et métiers et des hautes études commerciales, — soit environ 305 ou 310 jeunes gens au lieu de 4 000 que vous donnait le volontariat d'un an, — quand je demande, dis-je, que ces élèves fassent deux ans de service militaire à l'école, et un an à la caserne, je demande pour l'industrie et le commerce le strict nécessaire.

M. Langlois. Y a-t-il des limites à la moyenne dans ces écoles? Y entre-t-on par concours ou par examen?

M. Francisque Reymond. Ce sont des écoles fermées, à nombre défini et limité d'élèves, pour lesquelles il faut passer des examens à l'entrée et à la sortie; ce sont des écoles dans lesquelles les jeunes gens peuvent être astreints, au point de vue militaire, à tous les exercices, à toutes les épreuves que subissent les élèves de l'école polytechnique, de Saint-Cyr ou de l'école forestière, et que voudra leur imposer le ministre de la guerre. Il n'y aura entre eux et les élèves des trois écoles pour lesquels la commission veut établir un privilège spé-

cial qu'une différence : c'est qu'ils seront obligés de séjourner un an à la caserne, cette école nécessaire de la discipline, du devoir et de la fraternité, au lieu de passer d'emblée sous-lieutenants. Voilà l'unique différence, et elle est, au point de vue démocratique, tout à notre avantage. (*Très bien! très bien! sur divers bancs.*)

L'industrie et le commerce, — quand on les regarde d'un peu haut, — je sais bien qu'on croit assez volontiers que ce sont choses qui vont toutes seules.

On doit cependant se rappeler ce qui s'est passé avant et surtout après la guerre : il faut bien réfléchir et se convaincre qu'il y a là une question sociale au plus haut chef.

Nous avons fait une guerre épouvantable, qui nous a coûté des milliards. Qui a payé la rançon? n'est-ce pas le commerce, n'est-ce pas l'industrie? (*Très bien! sur les mêmes bancs.*)

Comment entretenir des armées, comment payer les frais de la guerre, si l'industrie et le commerce non pas eu de longues heures de prospérité pour assurer le payement des frais que nécessitent aussi bien l'état normal que l'état de guerre?

Je dis qu'il y a là une question sociale et je m'explique :

En France, le revenu moyen de l'agriculture est d'environ 8 à 10 milliards; celui de l'industrie de 10 à 12 milliards. Le revenu total de la France est donc, à 1 ou 2 milliards près, d'environ 22 milliards.

Quels sont les frais généraux à défalquer de ce revenu produit par le travail de la France?

Quels sont les frais qui viennent grever ce revenu?

C'est le budget général de l'État, qui s'élève à 3 milliards, le budget communal et le budget départemental qui s'élèvent à environ 1 milliard, en tout 4 milliards.

Ces chiffres de 4 milliards, d'une part, de 20 ou 22 milliards, de l'autre, vous montrent qu'en réalité la proportion entre les dépenses et les recettes est approximativement d'un cinquième. C'est là une proportion très élevée, et personne parmi nous ne voudrait l'accroître, personne ne consentirait à l'heure présente à augmenter le chiffre de nos budgets. Nous sommes tous parfaitement décidés à maintenir le budget tel qu'il est, et nous serions même disposés à le réduire si c'était possible.

Dans tous les cas, actuellement la proportion entre les recettes et les dépenses est d'un cinquième et cette proportion nous paraît suffi-

samment élevée pour que personne ne songe à l'accroître encore.

Il y a deux manières de l'augmenter; augmenter les dépenses, ou diminuer le revenu.

Vous savez tous — ce ne sont pas là des mathématiques transcendantes — qu'augmenter le numérateur ou diminuer le dénominateur revient exactement au même; or, le dénominateur dans cette proportion de 1/5 ou 4/20, c'est le revenu du pays. Si vous le diminuez, si vous diminuez les sources de la fortune publique — et vous allez les diminuer si vous refusez de comprendre le danger qu'il y aurait à ne pas donner à l'industrie et au commerce les satisfactions nécessaires — vous arriverez au même résultat que si vous augmentez le numérateur de la proportion, c'est-à-dire si vous augmentez le budget. La proportion entre les revenus et les dépenses, au lieu d'être d'un cinquième, pourrait ainsi atteindre un jour plus d'un cinquième, peut-être un quart; il suffirait, pour cela, que les chiffres du budget restant les mêmes, le revenu du pays diminuât de 4 milliards.

Je vais essayer de démontrer, en très peu de mots, que ce danger est un de ceux qu'il faut savoir envisager, et je m'appuierai sur l'opinion de gens compétents.

M. Lenient vous a cité la lettre d'un élève de l'école centrale. A ce témoignage j'en pourrais joindre bien d'autres; mais je tiens à faire passer sous vos yeux un témoignage plus autorisé, le plus autorisé dans l'espèce. Voici ce que pense le conseil de perfectionnement de cette école centrale qui a été citée :

Ce conseil de perfectionnement, composé d'hommes considérables, à la tête desquels se trouvait récemment encore M. Dumas, l'éminent chimiste, l'illustre savant, a pris, après mûre délibération, une importante décision dans sa séance du 24 mai 1884, et je vous demande la permission de vous en donner lecture. (*Parlez! parlez.*)

« Le conseil de perfectionnement,

« Considérant que trois ans de service militaire empêcheraient toute préparation sérieuse et que, par ce fait seul, les candidats français seraient écartés.

« Attendu que, si les trois ans étaient subis à la sortie de l'école, l'instruction acquise, ainsi interrompue, serait à peu près perdue, sans profit pour le jeune ingénieur aussi bien que pour l'industrie; qu'en effet, à la sortie de l'école, les élèves n'emportent qu'une instruction purement théorique, condensée et hâtive, à cause de l'étendue

des programmes, que cette instruction a pour complément indispensable, la période de stage et d'application que les jeunes ingénieurs font avec grand avantage, au sortir de l'école, dans les grades inférieurs de l'industrie, période pendant laquelle se fait en réalité l'assimilation de l'enseignement qu'ils ont reçu à l'école ; que trois années de service militaire, intercalées entre la fin des études et les applications, auraient pour effet certain d'effacer de leur esprit l'instruction acquise à l'école, de ne leur permettre de commencer leur carrière qu'à vingt-sept ans et dans les plus mauvaises conditions, qui constitueraient pour eux une déplorable infériorité, par rapport aux jeunes ingénieurs étrangers, dont la concurrence s'est accrue chez nous depuis plusieurs années ; que cette loi, en reculant à vingt-sept ans au moins l'âge auquel le jeune ingénieur pourra subvenir à ses besoins, et à trente ans et plus celui auquel il serait en mesure de venir en aide à sa famille, aurait pour conséquence de fermer absolument cette carrière à tous les jeunes gens pauvres dont les familles ne pourraient supporter de si longs sacrifices ; que la loi équivaudrait ainsi à la fermeture de l'école centrale, et que, d'ailleurs, on ne pourrait sans grand dommage pour l'industrie supprimer trois promotions d'élèves ; qu'il n'y a pas de difficultés à donner aux élèves de l'école centrale, dans le cours de leurs trois années d'études, un enseignement militaire aussi étendu que l'intérêt et la défense du pays le feraient reconnaître nécessaire ; que cet enseignement, donné dans ces conditions, sans provoquer une longue et funeste interruption dans les études professionnelles, ne présentera que des avantages pour les jeunes gens et pour le pays.

« Le conseil de perfectionnement de l'école centrale, à l'unanimité, demande, au nom de l'intérêt général et au nom de celui de l'école, que le service de trois ans ne soit pas appliqué aux élèves de l'école centrale, que le gouvernement veuille bien examiner la seule solution praticable, qui consiste à donner à l'école l'enseignement militaire ;

« Et compte, d'ailleurs, qu'en tout état de cause, les élèves de l'école centrale profiteront des immunités accordées aux élèves des autres écoles de l'État. »

Le vote a été unanime.

Un membre à gauche. Tout le monde exempt alors !

M. Francisque Reymond. Si j'avais réussi à me faire comprendre, mon cher collègue, ou si vous m'aviez prêté une suffisante attention,

vous auriez vu que personne, au contraire, ne doit être exempt. Tous donnent leur sang au pays à l'heure où il le réclame ; tous passent par la caserne.

Dans ce conseil de perfectionnement dont j'ai l'honneur de faire partie, et où j'ai pour collègues des hommes qui sont la gloire de la science, Tresca, Peligot, d'autres encore, j'ai développé cette théorie qu'il serait déplorable pour notre école que l'on ne fît pas faire à ces jeunes gens, — qui sont appelés à commander à des ouvriers, et aussi à des militaires, si vous en faites des lieutenants de réserve, — un an de caserne à leur sortie de l'école.

Tous mes collègues ont été de mon avis, et si ce séjour d'une année à la caserne ne figure pas dans la rédaction que je viens de vous lire, je puis vous affirmer qu'il a été parfaitement accepté par tous les membres présents. Si vous le permettez, j'entrerai dans plus de développements. (*Parlez ! parlez !*)

Voix à gauche. C'est le volontariat !

M. Francisque Reymond. Mais pas le moins du monde, ce n'est pas du tout le volontariat ! Comment comprenez-vous qu'à l'école polytechnique deux années suffisent à donner aux élèves l'instruction militaire nécessaire pour en faire de droit des lieutenants dans l'armée, et quand il s'agit des jeunes gens entrés soit à l'école centrale, soit à une des autres écoles que nous visons, — souvent après avoir échoué de quelques fractions de point à leur examen pour l'école polytechnique, — vous pensez qu'en trois ans, avec les mêmes exigences militaires appliquées dans l'école, vous ne pourrez même pas faire des sous-officiers, et qu'un an de caserne ne leur suffira pas pour compléter leur instruction militaire ! En vérité, cela ne peut se soutenir !

Ainsi des individus, parce qu'ils sont allés à l'école polytechnique, où, vous le savez comme moi, les études sont plus élevées, plus absorbantes, sont lieutenants de droit au bout de deux ans, et les autres, qui sont entrés à l'école centrale, devront faire un service de trois ans ! Vous leur imposez trois ans pour acquérir l'instruction militaire suffisante pour devenir, non pas des officiers, mais seulement des soldats, des sergents ! (*Approbation sur divers bancs.*)

Voix à gauche. Ils suivent leur vocation.

M. le ministre de la guerre. Qu'ils aillent à l'école polytechnique !

M. Francisque Reymond. Vous dites, monsieur le ministre, que ces jeunes gens n'ont qu'à entrer à l'école polytechnique : je le veux bien,

si l'école polytechnique est installée de façon à donner satisfaction à nos industries françaises, si elle est plus largement ouverte, si ses cours sont assez développés, assez pratiques pour répondre à tous les besoins. Ce jour-là, je serai de votre avis, monsieur le ministre; mais vous n'en êtes point là, et tant que vous n'aurez pas réalisé cette transformation, j'aurai le droit de protester au nom des intérêts les plus vitaux du pays.

Faites pour l'école centrale ce que vous faites déjà pour l'école polytechnique. Donnez à cette école et à celles que nous citons avec elle l'instruction militaire que je demande, donnez-la aussi complète que vous le jugerez nécessaire; vous en avez les moyens, puisque les jeunes gens restent toujours deux années parfois trois dans chacune d'elles, au lieu de deux que vous trouvez suffisantes pour l'école polytechnique; mais ne les privez pas de la faculté de pouvoir travailler du travail intellectuel comme à l'école polytechnique. (*Très bien! très bien!*)

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Je demande la parole.

M. FRANCISQUE REYMOND. J'en appelle à tous ceux qui savent ce qu'est le travail des élèves de ces écoles : est-il possible de reprendre ce travail de mathématiques, travail ardu, ingrat, difficile, après l'avoir abandonné trois ans...

M. le ministre de la guerre fait un geste de dénégation.

M. BALLUE, *rapporteur*. Je vous citerai un exemple du contraire.

M. FRANCISQUE REYMOND. M. le ministre proteste, M. Ballue proteste...?

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Certainement, je proteste et de la manière la plus complète!

M. FRANCISQUE REYMOND. Je vais vous répondre, messieurs.

Mon expérience personnelle serait bien peu de chose et vous auriez le droit de mettre en question mon intelligence...

M. MARTIN NADAUD. Jamais de la vie!

M. FRANCISQUE REYMOND... je vous déclare qu'après un an ou deux j'aurais eu beaucoup de peine, mais qu'après trois ans, je n'aurais jamais pu reprendre ce travail. (*Interruption à gauche.*)

Puisque vous m'y forcez, messieurs, je vais vous lire une lettre que je n'avais pas l'intention de porter à la tribune : c'est une lettre de M. le directeur de l'école centrale. (*Lisez! lisez!*)]

J'espérais pouvoir me dispenser de cette lecture, mais je m'y vois forcé.

M. Martin Nadaud. Lisez ! lisez !

M. Francisque Reymond. Voici la lettre :

« Monsieur le député,

« Dans mes rapports écrits, comme dans nos conversations, j'avais eu l'honneur d'attirer votre attention sur les limites d'âge à l'entrée ou à la sortie de l'école, relativement à la loi du recrutement militaire.

« Vous savez, en effet, que l'école, à ses débuts, avait commencé à admettre les élèves dès l'âge de seize ans ; mais on s'était vite aperçu qu'à cet âge l'esprit n'avait pas assez de maturité pour bien saisir le fond et la portée de l'enseignement élevé et technique de l'ingénieur.

« L'expérience a obligé l'administration de l'école à porter successivement cette limite inférieure à dix-sept puis à dix-huit ans. En fait, l'âge moyen des élèves, à l'entrée en première année, est très près de vingt ans. Si, par les nécessités de la loi, les jeunes gens qui se destinent à l'école centrale vont passer trois ans à la caserne avant leur admission, soit de dix-huit à vingt et un ans, l'interruption de leurs études préparatoires pendant un laps de temps aussi grand les forcera à recommencer les travaux de leur préparation. Les plus heureux seront ainsi occupés trois ans au moins, ce qui les conduira, pour leur entrée à l'école, jusqu'à vingt-quatre ans et vingt-sept ans pour la sortie.

« Nous arrivons au même terme, si le temps de caserne est pris à partir de la sortie de l'école. Ainsi, que les trois ans de caserne aient lieu avant l'admission à l'école ou à la sortie de l'école, nos jeunes ingénieurs les mieux doués ne pourront commencer leur carrière qu'à vingt-sept ans au plus tôt. »

Vous le voyez, le directeur ne vous parle pas là que de ceux qui n'auront pas perdu leur temps. Entrés à vingt et un ans à l'école, ils y font trois ans, puis trois ans au régiment, soit six ans, ce qui les amène bien à vingt-sept. Si on se place dans l'hypothèse d'une perte de temps par suite de l'abandon des études, cela les amène à vingt-huit et au delà.

M. le ministre ne peut contester ces chiffres.

M. le ministre de la guerre. Je ne conteste absolument rien.

M Francisque Reymond. Oui, on entre à l'école à vingt et un ans, on fait trois ans d'école, trois ans de service ; vingt et un et six, cela fait vingt-sept ans. Ce calcul est incontestable.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Encore une fois, je vous dis que je ne conteste absolument rien. Je remarque seulement que, depuis une demi-heure vous plaidez la cause de l'école centrale, comme M. Lenient a plaidé tout à l'heure la cause des facultés, comme j'ai essayé de défendre la cause de gens tout aussi intéressants que les élèves de l'école centrale. Il en résulte que la loi est inapplicable. (*Interruptions à droite*).

M. DE LA ROCHEFOUCAULD, DUC DE BISACCIA. Elle est détestable !

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE *se tournant vers la droite*. Non, non, elle n'est pas détestable, mais ceci montre une chose, c'est que ces messieurs ne veulent pas servir !... (*Vives réclamations sur les mêmes bancs*).

M. DE LA ROCHEFOUCAULD, DUC DE BISACCIA. Comment pouvez-vous parler ainsi, monsieur le ministre ?

M. LE MINISTRE. Ils ne veulent pas servir en temps de paix.

A droite. Si ! nous voulons que nos enfants servent. Vous n'avez pas le droit de dire le contraire.

M. LE PRÉSIDENT. Mais, messieurs, veuillez garder le silence !

A droite. On nous insulte !

M. LE PRÉSIDENT. Mais non !

M. DE LA ROCHEFOUCAULD, DUC DE BISACCIA. Pardon ! On nous insulte quand on vient dire que nous ne voulons pas que nos enfants servent ! (*Oui ! oui ! — Très bien ! à droite*).

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Vous ne m'avez pas compris. J'ai dit : ils ne veulent pas servir en temps de paix. Je n'ai jamais dit que cela. Eh bien, quand on ne sert pas en temps de paix, on n'est pas apte à bien servir en temps de guerre. (*Très bien ! très bien ! à gauche. — Bruit à droite*).

M. DE LA ROCHEFOUCAULD, DUC DE BISACCIA. Notre plus vif désir est que nos enfants servent en temps de paix comme en temps de guerre, et qu'ils servent le plus longtemps possible.

M. LÉON CHEVREAU. Pour en avoir la preuve, on n'a qu'à lire l'*Annuaire militaire*.

A gauche. Assez ! assez !

M. LE PRÉSIDENT. Je réclame de nouveau le silence.

M. FRANCISQUE REYMOND. Messieurs, je regrette beaucoup que cette lettre, que je lis très froidement, ait pu provoquer un incident à la suite d'une interruption que m'a faite M. le ministre de la guerre. S'il

m'avait été permis d'achever ma lecture, la Chambre aurait constaté que cela est dit avec beaucoup de calme, par un homme fort pondéré; j'en appelle à son chef hiérarchique, M. le ministre du commerce, qui connaît et apprécie le directeur de l'école centrale, M. Cauvet, auteur de la lettre.

(*M. le ministre du commerce fait un signe d'assentiment.*)

J'ajoute que l'on aurait mal compris l'esprit de notre amendement, si on avait perdu de vue ce que je tiens à répéter une fois de plus.

Nous voulons que tous les enfants de France sans exception fassent trois années de service effectif : deux années dans l'école, tout en appartenant à un régiment où M. le ministre de la guerre pourra les appeler quand la France en aura besoin, quand la guerre sera déclarée, et un an à la caserne. Je ne réclame donc aucune exemption. Ces jeunes gens feront trois ans de service ; ils donneront leur sang comme les autres, à la même heure et pendant le même temps ; ils feront, tous, trois ans, dont deux ans dans l'école, et je vous assure que ce ne sera pas la partie la moins laborieuse de leur existence.

Je reviens, messieurs, à la lecture de ma lettre :

« En présence d'un tel fait, — dit le directeur de l'école centrale, — j'avais émis cette assertion qu'en reculant ainsi le moment où ces jeunes gens entreront dans l'industrie pour commencer leur stage pratique des affaires, stage qu'aucun enseignement scolaire même le mieux entendu ne saurait supprimer, on exposerait l'école à ne plus avoir de candidats et, par conséquent, plus d'élèves. Je ne m'attendais pas à avoir mon opinion aussi promptement confirmée par les familles. Durant cette dernière quinzaine, j'ai eu plusieurs visites de parents de nos candidats au prochain concours d'admission (fin juillet). Tous m'ont dit ceci :

« Que va-t-on faire de l'école centrale avec la nouvelle loi militaire ? On ne devient pas ingénieur stagiaire à vingt-sept ans. A cet âge, on commence à être un homme et on doit avoir une position d'homme. Si vous ne pouvez pas nous dire que l'école centrale aura une situation analogue à l'école polytechnique, qui permettra à ses jeunes ingénieurs de débuter dans les positions industrielles à un âge convenable, nous ne pouvons plus songer à vous envoyer nos fils. Il nous faut chercher une autre carrière, car, avec trois ans passés dans la caserne, l'avenir pour eux n'est plus qu'une impasse.

« Telle est la perspective qui s'accuse déjà en ce moment pour

l'école centrale. Que serait-ce si la loi restait ce qu'elle est aujourd'hui et si elle était appliquée dans sa rigueur ? Évidemment, par l'absence d'élèves et par suite de l'obligation qui incombe à l'école de s'administrer avec ses propres ressources, alors que les dépenses de son budget vont s'élever considérablement dans le nouveau local qu'elle va occuper en novembre prochain, l'administration serait bientôt impossible et l'école devrait se fermer.

« Agréez, etc.

« *Le directeur de l'école centrale,*

« CAUVET. »

Voilà, messieurs, une seconde opinion et elle a son importance.

Je sais bien que l'on m'objecte que c'est là une faveur et ceux-là mêmes qui sont prêts à voter l'article 20, ne sont pas les derniers à présenter l'objection.

Tout en constatant ce qu'elle a d'étrange de leur part, je réponds en leur faisant observer que c'est, en tout cas, une faveur obtenue par le concours ; c'est une faveur démocratique que l'on acquiert après beaucoup de travail ; ce n'est pas une faveur donnée à l'argent, c'est une faveur accordée aux familles les plus pauvres qui se résignent à sacrifier leur bien-être pour pousser leurs enfants jusque-là. Oui, messieurs, les gens riches arriveront bien à soutenir leurs enfants dans la voie où ils sont engagés jusqu'à 27, 28 et même 30 ans : mais les familles pauvres ? (*Interruptions*).

Vous me rendez ma tâche bien difficile, messieurs, je suis obligé d'élever beaucoup la voix ; un peu de silence de votre part m'épargnerait de la fatigue. (*Très bien ! Parlez ! parlez !*)

Je dis que cette école n'est pas une école de jeunes gens riches. A l'époque où j'avais l'honneur d'en faire partie, il y avait dix ou quinze boursiers ; aujourd'hui il y en a 131. Le directeur de l'école pense qu'il y en aura bientôt 170, et pour ces boursiers, l'État intervient pour 30 000 francs, la ville de Paris pour 20 000 francs, Alger, les Ardennes, les Bouches-du-Rhône, Bordeaux, Nantes, pour des sommes plus ou moins élevées. Tous ces boursiers appartiennent à des familles non aisées ; il n'est pas probable que des familles riches acceptent des bourses.

Un membre à gauche. J'en connais.

M. Francisque Reymond. Vous en connaissez ! Tant pis pour ceux qui ont l'impudeur d'accepter de l'argent n'en ayant pas besoin. (*Très bien !*)

Quant à moi, je n'en connais pas et, quand j'appuie une demande de bourse, je vous garantis que c'est pour une famille pauvre. Cela ne m'est pas arrivé souvent, mais enfin je l'ai fait quelquefois. J'ai fait entrer récemment, à titre de boursier dans une de ces grandes écoles, le fils d'un forgeron. Il s'y est maintenu un des premiers. Ce sont bien là des enfants pauvres ; et pourquoi n'aurions-nous pas d'égards pour eux ? (*Très bien ! très bien !*)

Ce n'est pas une idée antidémocratique que je défends, au contraire.

Si vous voulez considérer ce qui se fait à l'étranger, vous y verrez peut-être un danger pour nous. Je vous ai parlé un jour des efforts considérables qui sont faits par l'Allemagne pour ses grandes écoles industrielles. Alors que, en fait d'écoles destinées aux jeunes gens qui se consacrent à l'industrie, nous en sommes réduits à l'école polytechnique — et encore le nombre de ses élèves qui entrent dans l'industrie, après avoir obtenu des congés, est-il très restreint — à l'école centrale, aux écoles des mines de Paris et de Saint-Étienne, aux écoles d'arts et métiers, alors que ces écoles produisent à peine 250 ou 300 élèves par an, nous voyons en Allemagne 9 écoles d'ingénieurs qui en fournissent des milliers.

En voici la liste :

L'école polytechnique de Berlin.	1 000	à	1 200
L'école polytechnique de Carlsruhe.	600	à	700
L'école polytechnique de Darmstadt.	150	à	200
L'école polytechnique de Brunswick.	150	à	200
L'école technique d'Aix-la-Chapelle.	500	à	500
L'école polytechnique de Stuttgardt.	600	à	700
Haute école technique du Hanovre.	650	à	650
Haute école technique de Dresde.	1 000	à	1 000
École polytechnique de Munich.	1 200	à	1 500
	5 850	à	6 650

Total 5 850 ou 6 650 élèves qui travaillent dans les écoles de Prusse contre 600 ou 700 élèves en France !

A côté de cela, notre industrie n'a pas encore eu la faiblesse, — je n'ose pas dire un mot plus fort — de recevoir beaucoup d'Allemands ; elle en reçoit cependant quelques-uns sous dénomination d'Alsaciens mais ce qu'elle reçoit déjà, il ne faut pas se le dissimuler, ce sont des ingénieurs suisses. L'école polytechnique de Zurich, à elle seule, possédait, en 1875, 278 élèves : elle en contient aujourd'hui 987.

Donc, voilà un petit pays comme la Suisse qui, dans une seule de ses écoles, vous donne 987 élèves, soit une production de 300 élèves par an.

Il y a aussi une école à Lausanne.

Vous ne nous étonnerez donc pas si notre industrie, à un certain moment, ne voyant pas venir à elle les élèves de France, est obligée de s'adresser aux étrangers. Je vous l'ai dit, cela ne s'est pas encore fait ; mais si nos trop rares écoles françaises se ferment, qu'arrivera-t-il ? Or, elles se fermeront, vous venez d'en avoir l'affirmation autorisée, ou au moins elles ne contiendront plus qu'un petit nombre de sujets exceptionnellement doués au point de vue de l'intelligence et surtout appartenant à des familles très riches, car ceux-là seuls pourront attendre jusqu'à 27 ou 30 ans l'heure de gagner leur vie. Si nos écoles ne nous fournissent plus les sujets dont nous avons besoin pour mettre à la tête de nos usines, de nos ateliers, ces établissements seront bien forcés de s'adresser à l'étranger. L'industrie française ne peut pas périr, mais elle peut faiblir ; elle peut tomber dans des mains étrangères, ce qui est un danger non moins grand. (*Très bien !*).

M. LE RAPPORTEUR. Mais, dès maintenant, vous la livrez aux étrangers !

M. FRANCISQUE REYMOND. Comment ! nous la livrons aux étrangers ? Cela n'est heureusement pas exact. Mais je demande, en tout cas, que l'on maintienne la situation actuelle, que l'on ne l'aggrave pas.

Il y a, à l'heure présente, quelques ingénieurs suisses en France, tandis qu'il y a vingt ans nous envoyions nos jeunes ingénieurs en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Amérique, car pour ne parler que de celle de nos écoles dont j'ai en main les chiffres précis, sur 4 000 ingénieurs de l'école centrale, il y en a près de 1 500 qui ont fait leur carrière à l'étranger et porté haut et ferme le renom de notre industrie. Aujourd'hui, c'est sur le sol français même qu'ils ont à la défendre. (*Très bien !*)

Je dis donc que les étrangers sont à notre porte, ne demandent qu'à

la franchir, et vous la leur ouvrez toute grande avec votre loi. Je crois vous l'avoir démontré en établissant que les pépinières où se forment nos ingénieurs vont fatalement rester vides.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Prenez-vous-en à d'autres causes, mais non pas à la loi !

M. FRANCISQUE REYMOND. Si ces affirmations ne vous suffisent pas, et si on les conteste, je vous apporterai d'autres preuves tout à l'heure. Quant à la fermeture des écoles, elle est incontestable.

Eh bien, je dis ceci : vous ne voudrez pas vous assumer une pareille responsabilité.

Je termine, messieurs. Le volontariat tel que nous l'avions compris était possible, mais malheureusement il a été rendu impopulaire parce que, à côté de quelques régiments où l'on travaillait, où l'on travaille encore sérieusement, il y en a eu, il en existe, où il est de notoriété publique qu'on ne fait rien. A côté de sujets ayant donné des preuves d'aptitude intellectuelle, celle bien modeste entre autres du baccalauréat, à côté des sujets possédant leurs diplômes d'ingénieurs, d'avocats, de médecins, on a vu des jeunes gens, possédant à peine les règles élémentaires de l'arithmétique ou de l'orthographe, s'intitulant agriculteurs, industriels, commerçants, n'ayant en réalité d'autre titre à la faveur qui leur était accordée que les 1 500 francs qu'ils apportaient.

Je crois que M. le ministre ne me démentira pas et qu'il suffira de rappeler que, dans les 1 500 francs, comme on les a appelés, il ne s'en trouvait pas beaucoup qui fussent à la hauteur d'un bachelier...

M. LE RAPPORTEUR. Ce n'était pas fort !

M. FRANCISQUE REYMOND. Non, ce n'était pas fort. Mais à qui la faute ? Vous avez pu lire des programmes d'examens et constater, comme moi, que des enfants de onze ans étaient de force à résoudre la plupart des problèmes soumis aux candidats.

Mais est-ce qu'on n'a pas faussé ainsi l'esprit de la loi ? Cela n'est pas douteux. Et de là le découragement de certains colonels, qui, se trouvant en face de pareils sujets, n'ont même pas essayé de tirer de l'institution nouvelle le parti que le pays était en droit d'en attendre. Car il est incontestable que cette institution réussit ailleurs, qu'aucun des pays qui l'ont mise en pratique ne voudrait s'en défaire, que tous ces pays — à l'exception du nôtre — y voient l'instrument le plus

parfait, le plus apte au relèvement intellectuel de leurs jeunes générations.

J'ajoute que personne en France n'ose plus la défendre. Mais, encore une fois, à qui la faute?

Dans cette répartition des 4 000 ou 5 000 engagés conditionnels admis chaque année, il y a :

Bacheliers ès lettres	1 351	
Ès sciences	564	
Diplômes de fin d'études	207	2 454
Certificats d'études	117	
Élèves des écoles	305	

Puis, d'après les conditions de l'article 54 (examens) :

Agriculteurs	862	
Commerçants	999	2 437
Industriels	576	
Total		4 871

Notons en passant les élèves des écoles pour lesquelles je parle, et constatons que leur chiffre, ainsi que je l'ai dit, ne dépasse pas 305. Je persiste à croire qu'il est nécessaire d'assimiler ces 300 jeunes gens à ceux pour lesquels la commission a créé une exception que je considère comme légitime et nécessaire, à la condition toutefois qu'elle reposera sur la base démocratique du service obligatoire à la caserne.

L'exception porte sur 305 au lieu de porter sur 4 871, comme dans la pratique actuelle du volontariat, ou sur 2 000 ou 3 000 comme dans l'amendement Lenient.

J'ai donc le droit de dire que mon amendement est beaucoup plus modeste que celui de mon honorable collègue.

J'ignore le sort que la Chambre réserve à cet amendement. J'ai la conviction que le principe que j'ai essayé de défendre finira par prévaloir; car dans notre pays de France, la raison est toujours la raison, et la raison nous dit que nous ne pouvons sacrifier à aucun prix les sources vives où s'alimente la fortune du pays. (*Très bien! très bien! et applaudissements sur divers bancs.*)

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. le ministre de la guerre.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Je tiens tout d'abord à dissiper un malentendu qui s'est produit tout à l'heure. Je n'ai jamais dit à l'honorable M. de la Rochefoucauld que les enfants des députés de la droite ne servaient pas.

On m'a dit : lisez l'*Annuaire!* Je connais l'*Annuaire* à fond, et je sais que de ce côté de la Chambre, il est de tradition de servir. J'ai dit seulement que les revendications qui s'étaient produites à la tribune équivalaient à ceci, que, d'un côté, l'honorable M. Lenient vient demander des réductions de service pour les élèves des facultés, pour les élèves des écoles supérieures...

M. LENIENT. Je vous demande pardon, ce n'est pas ce que j'ai dit.

A gauche. Ne revenons pas sur l'amendement de M. Lenient! Ce n'est plus celui-là qui est en discussion!

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. M. Lenient, je suis disposé à discuter avec le plus grand calme : si vous entendez qu'être autorisé, au bout d'un an de service, à suivre les cours donnant accès aux carrières auxquelles on se destine, ne constitue pas un privilège, vous avez raison; mais pour moi, cela équivaut à une atténuation du service militaire.

Je répète que de ce côté (*la droite*), on n'est jamais venu me demander une atténuation de service militaire. Je dis que M. Lenient et M. Mézières plaident la cause des facultés et des écoles supérieures, et M. Reymond vient plaider la cause de l'école centrale...

M. FRANCISQUE REYMOND. Je n'ai cité que celle-là pour ne pas être trop long.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Parfaitement, je dis qu'en résumé et pour mettre un terme à ce débat qui peut se prolonger indéfiniment : si on donne satisfaction à toutes ces revendications, il n'y a plus qu'une chose à faire, c'est de garder la loi de 1872 et de ne pas berner le pays avec la promesse du service de trois ans. (*Applaudissements sur divers bancs.*)

M. MÉZIÈRES monte à la tribune.

M. FRANCISQUE REYMOND. Je demande la parole.

M. le Ministre de la guerre s'est servi d'une expression que je ne puis laisser passer.

M. LE PRÉSIDENT. M. Mézières a demandé la parole avant vous.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Ce que j'ai dit ne s'applique pas particulièrement à M. Reymond

M. FRANCISQUE REYMOND. J'en suis convaincu; mais je tiens néan-

moins à m'expliquer. Je demande la parole pour un fait personnel.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. Reymond.

M. FRANCISQUE REYMOND. Si j'avais cru que nous devions berner le pays en présentant l'amendement que mes collègues m'ont chargé de défendre, je ne l'aurais pas présenté. (*Très bien! très bien!*) J'ai voté contre l'article 20, et je voterai encore contre lui si on ne lui donne pas la portée démocratique que lui assure notre amendement.

La commission est entrée, en faveur de quelques privilégiés, qui ne traversent même pas la caserne, dans une voie où ni mes amis ni moi ne consentirons à la suivre. Nous disons à la commission : Vous avez ouvert une porte qu'il était nécessaire d'ouvrir, nous le reconnaissons; ouvrez-la assez large pour n'y pas laisser passer seulement des fonctionnaires de l'État; mais aussi les hommes qui, par leur savoir, leur intelligence et leur travail, contribuent, autant que les fonctionnaires, à la prospérité et à la richesse du pays. Mais surtout faites que par cette porte on puisse passer la tête haute et que tous ceux qui la franchissent aient le droit de dire qu'ils ont donné à la France autant que tous les autres Français; ils n'en auront pas le droit si on les exonère de la caserne.

Notre amendement n'entrave donc pas votre projet, Monsieur le ministre, il le rend acceptable, il le rend possible. C'est une transaction très loyale et très sincère que nous vous offrons, et si vous la refusez, nous sommes fatalement amenés à voter contre l'article 20. Nous n'avons donc pas voulu berner le pays, et quant à moi, je crois, au contraire, l'avoir servi en lui disant la vérité. (*Très bien! sur divers bancs.*)

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. le ministre de la guerre.

M. LE MINISTRE DE LA GUERRE. Je ne puis pas m'expliquer la présence de M. Reymond à cette tribune pour un fait personnel. Il n'y avait absolument rien de personnel à M. Reymond dans ce que j'ai eu l'honneur de dire devant la Chambre, puisque j'avais dit que, si on adoptait, d'une part, l'amendement de M. Mézières, de l'autre, l'amendement de M. Lenient, d'une autre encore, l'amendement de M. Reymond... (*Bruit.*)

Permettez, il ne faut pas que le pays puisse concevoir des espérances qu'on ne peut réaliser... tous ces amendements constitueraient un nombre de dispenses qui ne permettraient pas d'appliquer la loi.

M. Reymond me force à revenir sur une question que j'ai déjà traitée

ici. Est-ce que les intérêts de l'école centrale sont supérieurs aux intérêts du clergé ou à d'autres encore? Ils ne le sont pas, il faut une règle uniforme. (*Interruptions.*)

M. Lebaudy. Il faut une loi possible! Or, votre loi ne sera jamais possible; elle est inapplicable.

M. le rapporteur. Vous verrez aux élections si le pays croit que c'est possible; je vous y donne rendez-vous.

M. Lebaudy. J'accepte votre rendez-vous, mais en ce moment nous faisons œuvre de législateurs, et nous n'avons pas à nous préoccuper des élections.

M. le rapporteur. Nous sommes les mandataires de nos électeurs. (*Bruit.*)

M. le président. Veuillez faire silence, Messieurs. Il est impossible que la discussion continue au milieu de toutes ces interruptions.

M. le ministre. M. Lebaudy, je ne vous ai jamais, je crois, interrompu quand vous étiez à la tribune, je vous prie de vouloir bien suivre la même règle à mon égard.

M. Lebaudy. Monsieur le ministre, je vous prie de m'excuser.

M. le ministre. Oh! cela ne va pas jusque-là. (*On rit.*)

Je reviens à la discussion et je répète, pour la troisième fois, je crois, que je n'ai visé personnellement ni M. Lenient, ni M. Reymond, ni M. Mézières; mais je suis en droit de dire qu'il faut enfin clore ces débats.

Veut-on le maintien de la loi de 1872? Je descends de la tribune et je me tais. Veut-on, comme on le promet depuis trois ans au pays, entrer dans la voie du service réduit? Il faut alors repousser toutes les revendications qui se sont produites à la tribune. (*Applaudissements.*)

M. le président. Je vais consulter la Chambre par division sur l'article 20.

M. Francisque Reymond. Mon amendement a été déposé au cours de la discussion; il n'est soumis qu'à la prise en considération. Je demande le renvoi à la commission.

M. le rapporteur. La commission en a délibéré.

M. Francisque Reymond. Elle ne m'a jamais fait l'honneur de m'appeler... (*Exclamations.*) j'aurais espéré la convaincre. Mais, du moment qu'elle demande le vote immédiat, je n'insiste pas.

M. le président. Je mets aux voix la première partie de l'article 20, qui n'est pas contestée :

« Les jeunes gens reçus après examen et concours aux écoles de Saint-Cyr et polytechnique et à l'école forestière... »

(La première partie de l'article 20 est mise aux voix et adoptée.)

M. LE PRÉSIDENT. L'amendement de M. Reymond consiste à ajouter :

« ... à l'école normale supérieure, à l'école centrale des arts et manufactures, aux écoles des mines et aux écoles des arts et métiers et des hautes études commerciales. »

M. FRANCISQUE REYMOND. Mon amendement serait mal compris si l'on ne donnait pas lecture de la fin.

J'entends que les élèves de ces écoles feront tous un an de caserne, après le temps passé à l'école. Je ne ferais pas cette proposition, si les élèves de l'école centrale, de l'école des mines, des écoles d'arts et métiers et de l'école des hautes études commerciales devaient bénéficier des avantages exceptionnels et impossibles à justifier qu'on veut accorder aux élèves de l'école polytechnique, de l'école de Saint-Cyr et de l'école forestière.

M. LE PRÉSIDENT. Vous demandez alors que je donne lecture des deux paragraphes suivants?

M. FRANCISQUE REYMOND. Parfaitement.

M. LE PRÉSIDENT. Alors, je vais être obligé de rouvrir la discussion pour y intercaler un amendement de M. Langlois; car, si votre amendement était adopté, M. Langlois se trouverait forclos.

M. LANGLOIS. Mon amendement est purement juridique, et M. le ministre de la guerre l'accepte.

M. LE PRÉSIDENT. Juridique on non... (*On rit.*) Il faut qu'il puisse trouver place dans la discussion.

Nous allons procéder au vote de la manière la plus simple. Je vais d'abord donner lecture complète de l'amendement de M. Reymond.

« Les jeunes gens reçus après examen et concours aux écoles militaires de Saint-Cyr et polytechnique, à l'école forestière, à l'école normale supérieure, à l'école centrale des arts et manufactures, aux écoles des mines et aux écoles des arts et métiers et des hautes études commerciales, n'y sont définitivement admis qu'à la condition de contracter un engagement préalable de trois ans.

« Pour les élèves des écoles dans lesquelles la durée des études est de plus de deux ans, l'engagement ne prendra cours qu'au commencement de l'avant-dernière année d'études. »

Voilà, monsieur Reymond, la deuxième partie de votre amendement,

mais comme M. Langlois demande que l'engagement de trois ans soit subordonné à cette condition que les personnes qui le prennent auront atteint l'âge de dix-sept ans. Il est indispensable qu'avant de mettre votre rédaction aux voix, j'ouvre la discussion sur ces mots : « Lorsqu'ils auront atteint l'âge de dix-sept ans. »

La parole est à M. Langlois pour développer son amendement.

M. Margaine. L'amendement de M. Langlois est inutile.

M. le président. Je ne peux pas décider qu'un amendement est inutile ; je le reçois, je dois le mettre en discussion. (*C'est vrai! Très bien!*)

M. Langlois. Je vous demande pardon, mon cher collègue, mon amendement n'est pas seulement utile, il est nécessaire... (*On rit*), par cette raison très simple qu'on ne peut pas s'engager avant dix-sept ans, et par cette autre raison, qu'on peut être reçu aux écoles dont il s'agit avant l'âge de dix-sept ans. (*Marques de dénégations sur divers bancs.*)

Permettez, messieurs! Le jeune homme qui a seize ans le 31 décembre qui précède le concours d'admission peut être reçu à seize ans et sept mois à l'école polytechnique; j'en connais dans ce cas qui sont entrés premier et second.

Un membre à gauche. Combien y en a-t-il?

M. Langlois. Il y en a, et c'est pour ceux-là que je parle ; n'y en aurait-il qu'un, votre rédaction l'empêcherait d'aller à l'école.

M. Margaine. On y entre, et on signe l'engagement après.

M. Langlois. Je vous demande pardon. Lisez l'article :

« ... ne seront définitivement admis qu'à la condition de contracter un engagement préalable de trois ans... »

M. le baron Reille. Définitivement !

M. Langlois. Eh bien, on ne peut pas prendre d'engagement avant l'âge de dix-sept ans. Donc si on est reçu à l'école polytechnique avant l'âge de dix-sept, on ne peut pas y être admis.

M. le baron Reille. Nous n'avons jamais dit une chose pareille.

M. Langlois. Permettez! Je ne recherche pas ce que vous avez voulu dire. J'ai soumis ce point à M. le ministre de la guerre et à M. le rapporteur, et ils sont tombés d'accord avec moi qu'il y avait lieu d'intercaler après ces mots : « Qu'à la condition de contracter un engagement, » ceux-ci : « Quand ils auront atteint l'âge de dix-sept ans. »

De telle sorte que celui qui sera reçu à l'âge de seize ans et neuf mois,

pourra entrer à l'école polytechnique, trois mois mois après son entrée; il contractera l'engagement.

La commission et M. le ministre acceptent l'amendement, et je crois que la Chambre peut l'adopter.

M. LE PRÉSIDENT. L'amendement est soumis à la prise en considération. La parole est à M. le rapporteur.

M. LE RAPPORTEUR. La commission tient le plus grand compte de l'observation de notre honorable collègue M. Langlois. Si la rédaction qu'elle soumet à la Chambre mettait les jeunes gens dans l'impossibilité d'entrer à l'école avant l'âge de dix-sept ans, c'est-à-dire avant l'âge fixé par la loi pour contracter un engagement, elle y aurait certainement introduit une modification; mais il n'en est pas ainsi et, pour le prouver, je demande la permission à la Chambre de lui lire l'article.

« Les jeunes gens, y est-il dit, reçus après examen et concours aux écoles militaires de Saint-Cyr, polytechnique et à l'école forestière, n'y sont définitivement admis qu'à la condition de contracter un engagement de trois ans. »

Si donc les jeunes gens dont M. Langlois a parlé tout à l'heure sont reçus à l'école polytechnique, à l'école de Saint-Cyr, à l'école forestière, avant d'avoir atteint l'âge de dix-sept ans, ils en suivent les cours, mais leur admission définitive est subordonnée à cette condition qu'aussitôt leur dix-septième année accomplie ils contracteront l'engagement.

M. LANGLOIS. Enlevez le mot « préalable », alors !

M. LE BARON REILLE. Oui, nous consentons à supprimer le mot « préalable. »

M. LE RAPPORTEUR. Pour donner satisfaction complète à l'honorable M. Langlois, avec l'assentiment de la commission, nous pouvons supprimer le mot « préalable. » (*Très bien! très bien!*)

M. LANGLOIS. Alors, je retire mon amendement.

M. LE PRÉSIDENT. La commission consent à la suppression du mot « préalable; » M. Reymond accepte probablement que ce mot disparaisse également de son amendement.

M. FRANCISQUE REYMOND. Parfaitement !

M. LE PRÉSIDENT. Dans ces conditions, je mets aux voix les deux paragraphes de l'amendement de M. Reymond que j'ai lus tout à l'heure.

M. FRANCISQUE REYMOND. Et la fin! Tout se tient dans mon amendement.

M. LE PRÉSIDENT. Alors je vais lire la fin de l'article 20 proposé par M. Reymond :

« Ils sont considérés comme présents sous les drapeaux dans l'armée active pendant tout le temps passé par eux dans lesdites écoles. Ils y reçoivent l'instruction militaire complète et sont à la disposition du ministre de la guerre.

« S'ils ne peuvent satisfaire aux examens de sortie de ces écoles ou s'ils sont renvoyés pour inconduite, ils sont incorporés, pour le temps de service qu'il leur reste à faire et en qualité de simples soldats dans le régiment pour lequel ils avaient contracté leur engagement.

« Les élèves de l'école polytechnique qui se destinent aux carrières civiles et ceux des autres écoles susdites sont, à leur sortie, incorporés comme simples soldats et maintenus pendant une année dans le régiment pour lequel ils ont contracté leur engagement. Ils feront leur troisième année de service dans les conditions à déterminer par la loi sur l'avancement de l'armée. »

M. LE RAPPORTEUR. La commission, d'accord avec le Gouvernement, repousse l'amendement de M. Reymond.

M. LE PRÉSIDENT. Je mets aux voix l'amendement de M. Reymond.

Il y a une demande de scrutin, signée par MM. Lenient, Bavoux, Chavoix, Caurand, Mingasson, Alfred Tallon, Viette, Thomson, Treille, Étienne, Steeg, Arnous, A. Garrigat, Ansart, Giraud, Pelisse, Truelle, Laville, Giguet, Henri Tondu, etc.

Le scrutin est ouvert.

(Les votes sont recueillis, puis MM. les secrétaires en opèrent le dépouillement.)

M. LE PRÉSIDENT. Voici, Messieurs, le résultat du dépouillement du scrutin public sur l'amendement de M. Reymond :

Nombre des votants	431
Majorité absolue	216
Pour l'adoption	184
Contre	247

La Chambre des députés n'a pas adopté.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER SEMESTRE — ANNÉE 1885

PARIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Pl. 100

MER CASPIENNE

43°
42°
41°
40°
Derbent
Kouba
Chemakha
Balakhani
Sviatoi
Sourakhani
Bakou
Pouta
Mussusli
Oudjari
Kurdamur
Saguiri
Sangatchal
Kara-sou
Aliate
Navagui
Koura fl.
Araks R.
Mt Kurov dag
Steppe de Mougan
Salyani

